



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

**“DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA:
TALLER DE SOLDADURA, OFICINAS DE PROFESORES,
LABORATORIOS, EDIFICIOS DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ – ESPOCH UTILIZANDO LA
METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA
CONFIABILIDAD”**

FERNÁNDEZ VILLALBA, JANDRY RAFAEL

PHILCO BONIFAZ, DAVID ALEJANDRO

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

**Riobamba – Ecuador
2018**

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2018-04-25

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

PHILCO BONIFAZ DAVID ALEJANDRO

Titulada: **“DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA: TALLER DE SOLDADURA, OFICINAS DE PROFESORES, LABORATORIOS, EDIFICIOS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ – ESPOCH UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Carlos José Santillán Mariño

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Mayra Alexandra Viscaíno Cuzco; M.Sc.

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Sergio Raúl Villacres Parra; M.Sc.

MIEMBRO DE TESIS

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2018-04-25

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

FERNÁNDEZ VILLALBA JANDRY RAFAEL

Titulada: **“DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA: TALLER DE SOLDADURA, OFICINAS DE PROFESORES, LABORATORIOS, EDIFICIOS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ – ESPOCH UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Carlos José Santillán Mariño

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Mayra Alexandra Viscaíno Cuzco; M.Sc.

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Sergio Raúl Villacres Parra; M.Sc.

MIEMBRO DE TESIS

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: PHILCO BONIFAZ DAVID ALEJANDRO

TÍTULO DE LA TESIS: “DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA: TALLER DE SOLDADURA, OFICINAS DE PROFESORES, LABORATORIOS, EDIFICIOS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ – ESPOCH UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD”

Fecha de Examinación: 2018-10-26

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Dr. Marco Antonio Haro Medina PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Mayra Alexandra Viscaíno Cuzco DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Sergio Raúl Villacrés Parra MIEMBRO DE TESIS			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Dr. Marco Antonio Haro Medina
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: FERNÁNDEZ VILLALBA JANDRY RAFAEL

TÍTULO DE LA TESIS: “DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA: TALLER DE SOLDADURA, OFICINAS DE PROFESORES, LABORATORIOS, EDIFICIOS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ – ESPOCH UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD”

Fecha de Examinación: 2018-10-26

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Dr. Marco Antonio Haro Medina PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Mayra Alexandra Viscaíno Cuzco DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Sergio Raúl Villacrés Parra MIEMBRO DE TESIS			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Dr. Marco Antonio Haro Medina
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTOR

©2018, Fernández Villalba Jandry Rafael; Philco Bonifaz David Alejandro

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Fernández Villalba Jandry Rafael

Philco Bonifaz David Alejandro

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Jandry Rafael Fernández Villalba y David Alejandro Philco Bonifaz, declaro que somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el presente Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Fernández Villalba Jandry Rafael
Cédula de identidad:110449022-0

Philco Bonifaz David Alejandro
Cédula de identidad: 130878628-2

DEDICATORIA

A mis padres Jorge Fernández y Amelia Villalba, por su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera profesional, ya que nunca desfallecieron en que pueda alcanzar este y muchos logros más. A mis abuelos Jorge Fernández M. y Rosario Guamán Falconí, mis hermanos y hermanas que a base de su experiencia y consejos han sido parte de la construcción de este ser humano.

Fernández Villalba Jandry Rafael.

A mis padres Luis y Lilian por sus consejos, motivación y apoyo constante son el pilar fundamental para la elaboración de este tema de titulación, a mis hermanos María Fernanda y Luis Fernando que son una fortaleza en mi vida, a mi abuelito quien fue mi mentor, y a mi novia que nunca dejo de alentarme.

Philco Bonifaz David Alejandro.

AGRADECIMIENTO

Primero doy gracias a mi poder superior que ha guiado mi camino para ser mejor cada día y sobre todo por seguirme dando el apoyo transformado en mis padres y mis abuelos, quienes agradezco infinitamente y tengo el honor de seguir compartiendo con ellos.

El más sincero y profundo agradecimiento a mis docentes a lo largo de toda mi vida politécnica y a todo el personal administrativo quienes aportaron con valores, aprendizajes e impartieron sus conocimientos.

Fernández Villalba Jandry Rafael.

Quiero Agradecer a mis padres quienes estuvieron conmigo en todo momento ofreciéndome lo mejor fueron la inspiración para seguir con mis estudios superiores.

Philco Bonifaz David Alejandro.

CONTENIDO

Resumen/Abstract

Introducción

	Páginas
CAPÍTULO I	1
1. MARCO REFERENCIAL	1
1.1 Antecedentes.	1
1.2 Justificación.	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
CAPÍTULO II	4
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Introducción	4
2.1.1 Ingeniería de mantenimiento	4
2.1.1.1 Confiabilidad.	5
2.1.1.2 Disponibilidad.	5
2.1.1.3 Mantenibilidad.	5
2.1.2 Objetivos y funciones del mantenimiento	5
2.1.2.2 Funciones del mantenimiento.	6
2.1.3 Tipos de mantenimiento	7
2.1.3.2 Mantenimiento correctivo diferido	8
2.1.3.3 Mantenimiento correctivo inmediato.	8
2.1.3.4 Mantenimiento preventivo (MP).	8
2.1.3.5 Mantenimiento basado en la condición	9
2.1.3.6 Mantenimiento predeterminado	10
2.2 Selección de criterios y subcriterios de evaluación de la Gestión del Mantenimiento.	10
2.2.1 Método AHP	11
2.2.2 Modelización.	12
2.2.3 Valorización.	13
2.2.3.1 La escala de valoración	13
2.2.3.2 El Instrumento	14
2.2.3.3 Expertos.	15
2.2.4 Priorización.	15
2.2.4.1 Análisis de consistencia.	16
2.3 Plan de Mantenimiento Centrado en la confiabilidad RCM.	16
2.3.1 RCM ventajas y desventajas	17

2.3.2	Las 7 preguntas básicas que incita a responder el proceso RCM son: (MOUBRAY, 1996)	18
2.3.3	Inventario y codificación de instalaciones a mantener	18
2.3.4	Criticidad	19
2.3.5	Modelos de mantenimiento	19
2.3.5.1	Modelo Correctivo.	20
2.3.5.2	Modelo Condicional.	21
2.3.5.3	Modelo Sistémico.	21
	2.3.5.4 Modelo de Alta Disponibilidad.	
2.3.6	El contexto operacional.	22
2.3.7	Actividades de Mantenimiento basado en RCM Abreviado	22
2.3.7.1	Determinación de fallos funcionales y técnicos.	23
2.3.7.2	Determinación de los modos de falla.	23
2.3.7.3	Estudio de las consecuencias del fallo:	23
2.3.7.4	Determinación de medidas preventivas:	23
2.3.7.5	Selección de tareas de acuerdo al modelo de mantenimiento.	23
2.3.7.6	Selección de frecuencia de tareas de acuerdo al modelo de mantenimiento:	25
2.3.7.7	Agrupación de las tareas en rutas y rutinas (Plan de Mantenimiento).	25
2.3.7.8	Puesta en marcha y correcciones al plan inicial.	25
CAPÍTULO III		26

3. DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO. 26

3.1	Evaluación de la Gestión del Mantenimiento.	26
3.1.1	Determinación de criterios de evaluación	27
3.1.2	Priorización de los criterios	30
3.1.2.1	Modelación.	30
3.1.2.2	Valorización.	31
3.1.2.3	Priorización.	34
3.1.3	Definición del método de evaluación	42
3.1.3.1	Definición de los componentes de los criterios de evaluación.	42
3.1.3.2	Umbral de desempeño.	44
3.1.3.3	Resultados de la evaluación de la Gestión de Mantenimiento del DMDF de la ESPOCH.	45
3.2	Aplicación de la Metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.	49
3.2.1	Definición de codificación e inventario técnico	49
3.2.2	Levantamiento de datos con sus respectivas fichas técnicas	53
3.2.3	Análisis de criticidad y modelos de mantenimiento	55
3.2.4	Plan modelo de mantenimiento de los equipos civiles y de laboratorio o taller	57
3.3	Capacitación	59
3.3.1	Metodología de la capacitación	59
3.3.1.1	Métodos audiovisuales y pedagógicos.	59
CAPÍTULO IV		61

4. IMPLEMENTACIÓN DE GMAO 61

4.1	Generalidades.	61
------------	-----------------------	-----------

4.2	Iniciación del software.	61
4.2.1	Ingreso al software	61
4.2.2	Menú principal	62
4.3	Funciones y Módulos SisMAC	63
4.3.1	Ingreso de información e inventario técnico.	63
4.3.2	Nivel Localización	64
4.3.3	Nivel Área	64
4.3.4	Nivel Máquina/Sistemas	66
4.3.5	Nivel Equipos	66
4.3.6	Nivel Componentes	67
4.3.7	Fichas técnicas.	68
4.3.8	Tareas de mantenimiento asignadas	70
4.3.9	Frecuencias	71
CAPÍTULO V		72
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
5.1	Conclusiones	72
5.2	Recomendaciones	73
BIBLIOGRAFÍA		74

LISTA DE TABLAS

Tabla 1-2. Descripción de la escala de Saaty.....	13
Tabla 2-2. Instrumento para la valoración de requerimientos.	14
Tabla 3-2. Matriz de comparación pareada.....	15
Tabla 4-2. Valores de IA para matrices de diferentes órdenes.	16
Tabla 5-2. Porcentaje máximo de Ratio de consistencia.	16
Tabla 6-2. RCM Ventajas - Desventajas.....	17
Tabla 7-2. Tareas y Modelos de Mantenimiento.	24
Tabla 1-3. Características y aspectos de criterios a considerar.....	27
Tabla 2-3. Objetivo de los criterios.....	28
Tabla 3-3. Ratios de consistencia de los especialistas.	36
Tabla 4-3. Cálculo vector propio.	38
Tabla 5-3. Vectores propios de los docentes.	39
Tabla 6-3. Vectores propios de los técnicos.	39
Tabla 7-3. Vectores propios de los administradores.....	40
Tabla 8-3. Pesos de los criterios – subcriterios.....	41
Tabla 9-3. Continuación de la Tabla 3-8.	42
Tabla 10-3. Rangos de valoración para evaluación de la Gestión del Mantenimiento..	44
Tabla 11-3. Resultado evaluación, nivel de desempeño obtenido del DMDF.....	45
Tabla 12-3. Código de tipos de equipos.....	51
Tabla 13-3. Código propuesto por Grupo de investigación.	52
Tabla 14-3. Áreas del EDIFICIO M18: Carrera De Ingeniería Automotriz.....	52
Tabla 15-3. Modelo de ficha técnica de equipos de laboratorio o talleres.	53
Tabla 16-3. Modelo de ficha técnica de equipos civiles.....	54
Tabla 17-3. Tipos de tareas de mantenimiento.	58
Tabla 18-3. Ruta de servicio Sistema de Bombeo Edificio M09-010	58
Tabla 19-3. Plan de mantenimiento civil Laboratorio de computación Edificio M09-008	59
Tabla 20-3. Cronograma de capacitación.	60
Tabla 21-3. Personal capacitado de la Carrea Ingeniería Automotriz.	60
Tabla 1-4. Niveles jerárquicos SisMAC	64
Tabla 2-4. Edificios Carrera Ingeniería Automotriz con respectivo código.....	65
Tabla 3-4. Continuación Tabla 4-2.	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-2. Funciones del mantenimiento	6
Figura 2-2. Mantenimiento-resumen general	7
Figura 3-2. Mantenimiento basado en la condición.....	9
Figura 4-2. Esquema jerárquico método AHP	12
Figura 5-2. Pirámide Taxonométrica ISO 14224	18
Figura 6-2. Criterios de criticidad.....	19
Figura 7-2. Tipos de tareas diarias.....	24
Figura 8-2. Tipos de tareas anuales.	24
Figura 9-2. Tipos de tareas mensuales.....	24
Figura 1-3. Matriz de criterios y subcriterios.	29
Figura 2-3. Esquema de criterios y sub-criterios de mantenimiento de edificios.....	31
Figura 3-3. Matriz de comparación pareada.	32
Figura 4-3. Especialistas docentes.....	33
Figura 5-3. Especialistas técnicos.....	34
Figura 6-3. Especialistas administradores del mantenimiento.	34
Figura 7-3. Matriz de comparación pareada - Especialista técnico de mantenimiento .	35
Figura 8-3. Matriz normalizada del especialista uno.....	35
Figura 9-3. Ratio de consistencia.....	36
Figura 10-3. Ponderación de criterios.....	40
Figura 11-3. MI2: Control de existencias.....	44
Figura 12-3. Umbral de desempeño.....	46
Figura 13-3. Evaluación del desempeño de la gestión del mantenimiento al DMDF ...	47
Figura 14-3. Primer nivel - localización (equipos civil y físico).....	49
Figura 15-3. Segundo nivel - listado de edificios (equipos civiles).	49
Figura 16-3. Segundo nivel -listado de laboratorios (equipos de laboratorio o taller)..	49
Figura 17-3. Tercer nivel – Áreas arquitectónicas.....	49
Figura 18-3. Tercer nivel – sistemas (equipos de laboratorio o taller).....	50
Figura 19-3. Cuarto nivel – equipos (equipos civiles).....	50
Figura 20-3. Cuarto nivel – equipos (equipos de laboratorio o taller).....	50
Figura 21-3. Quinto nivel – componentes (equipos civiles).....	51
Figura 22-3. Modelos de mantenimiento según análisis de criticidad.....	55
Figura 23-3. Matriz de criticidad de los equipos civiles.....	56
Figura 24-3. Matriz de criticidad de los equipos de laboratorio o taller.....	56
Figura 25-3. Diagrama de flujo Equipos Civiles	57
Figura 1-4. Inicio y acceso al software SisMac cliente	61
Figura 2-4. Ingreso al usuario personal	62
Figura 3-4. Módulos principales SisMAC.....	62
Figura 4-4. Vista global SisMAC	63
Figura 5-4. Estructura de codificación.....	64

Figura 6-4. Nivel Localización.....	64
Figura 7-4. Ingreso de Edificios	65
Figura 8-4. Ingreso de módulos (sistemas).....	66
Figura 9-4. Familia de los Equipos.....	67
Figura 10-4. Ingreso de equipos.	67
Figura 11-4. Módulo fichas técnicas	68
Figura 12-4. Selección de formato de ficha técnica	69
Figura 13-4. Ingreso de fichas técnicas de datos generales equipo	69
Figura 14-4. Familias de tareas de mantenimiento	70
Figura 15-4. Edición tareas de mantenimiento	71
Figura 16-4. Frecuencia tareas de mantenimiento	71

LISTA DE GRÁFICOS.

Gráfico 1-3. Vectores propios grupo de especialistas.....	41
Gráfico 2-3. Nivel de cumplimiento DMDF.....	48
Gráfico 1-3. Desempeño Laboratorios de la facultad de Mecánica.....	63

LISTA DE ABREVIATURAS

AHP	Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process)
DMDF	Departamento de Mantenimiento y Desarrollo Físico
ISO	Organización Internacional para la Estandarización.
RCM	Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (Reliability Centred Maintenance)
EN	Norma Europea
UNE	Una Norma Española
BCA	Building Sustainable Assessment
VERDE	Valoración de Eficiencia de Referencia de Edificios
CASBEE	Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency
CEAACES	Consejo de Evaluación, Acreditación y Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior.

LISTA DE ANEXOS

Anexo A:	Evaluación de la Gestión de Mantenimiento del Departamento de Mantenimiento y Desarrollo Físico DMDF.....
Anexo B:	Evaluación de la Gestión de Mantenimiento del Departamento de Mantenimiento y Desarrollo Físico DMDF.....
Anexo C:	Inventario de los equipos civiles.....
Anexo D:	Inventario de los equipos de laboratorio y talleres
Anexo E:	Fichas técnicas de los equipos civiles
Anexo F:	Fichas técnicas de los equipos de laboratorio
Anexo G:	Matriz de criticidad de los equipos civiles
Anexo H:	Matriz de criticidad de los equipos de laboratorio y talleres.....
Anexo I:	Plan de mantenimiento planteado a la carrera de ingeniería automotriz.
Anexo J:	Capacitación.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objetivo de desarrollar un plan de mantenimiento para el taller básico de soldadura, oficinas de profesores de Industrial y Mantenimiento, laboratorios: Física I y II, Sistemas Eléctricos, Autotrónica, MCI (Motores de Combustión Interna), Aerodinámica, Aire Acondicionado y Refrigeración, Asociación Automotriz y edificios principales de la carrera de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH, utilizando la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Abreviado. Primero, se evaluó la gestión del mantenimiento utilizando la metodología AHP, ésta valoró el desempeño del departamento del mantenimiento en la institución y a los laboratorios y talleres de la carrera, determinándose que los laboratorios alcanzaron un desempeño poco satisfactorio. En segunda instancia, se realizó la aplicación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad a 675 equipos civiles y a 151 equipos de laboratorio y talleres, de los cuales el 68 % de los equipos civiles representan criticidad prescindible, el 32 % son importantes y recaen en un modelo de mantenimiento básico. El 91% de los equipos de laboratorio y talleres tienen como criticidad prescindible e importante y reinciden en un modelo de mantenimiento básico y el 9% restante son críticos y requieren de un modelo de mantenimiento condicional. Las estrategias indicadas anteriormente, se emplearon para el desarrollo del plan de mantenimiento. Finalmente se capacitó al personal de los laboratorios y talleres en el uso de la herramienta informática SisMac incluyendo al departamento a cargo del mantenimiento en la institución con una metodología pedagógica personalizada. En total se capacitó a ocho personas encargadas de las diferentes áreas de laboratorio, talleres y edificios, organizando un temario y cronograma para cumplir con lo especificado. Se recomienda que se siga con la programación del software y que se rijan a la capacitación recibida.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO>, <MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD ABREVIADO>, <CRITICIDAD DE EQUIPOS>, <SISMAC (SOFTWARE)>, <MODELO DE MANTENIMIENTO>.

ABSTRACT

This research was carried out with the purpose of developing a maintenance plan for the welding basic repair shop, teachers' offices of Industrial and Maintenance, Physics I and II majors, Electrical Systems, and Autotronic laboratories, ICE (Internal Combustion Engines), Aerodynamics, Air Conditioning and Refrigeration, Automotive Association and main buildings of Automotive Engineering major of ESPOCH using the methodology Abbreviated Reliability-Centred Maintenance, first, we evaluated the maintenance management by using the AHP methodology. It assessed the performance of the maintenance department in the institution and major laboratories and repair shops determining that the laboratories and repair shops reached an unsatisfactory performance. Second, the implementation of Reliability-Centred Maintenance methodology was done to 675 civilian equipment and 151 laboratory equipment and repair shops, from which 68% of the equipment has a dispensable critique, 32 % is remarkable and goes back to a basic maintenance model. 91 % of the laboratory equipment and repair shops have as dispensable critique and essential, and goes back to a basic maintenance model, the remaining 9 % is critical and require a conditional maintenance model. The strategies listed above were used for the development of the maintenance plan. Finally, the staff of the laboratories and repair shops was trained in the use of the computer tool SisMac including the department in charge of maintenance in the institution with a custom pedagogic methodology. A total of eight people in charge of the different areas of laboratory, workshops, and buildings were trained to organize an agenda and timetable to comply with the plan. It is recommended to continue with software programming and governed to the training received.

Keywords: <TECNOLOGIAY ENGINEERING SCIENCES>, <MAINTENANCE ENGINEERING>, < ABREVIATED RELIABILITY-CENTRED MAINTENANCE > RELIABILITY>, <EQUIPMENT CRITIQUE>, <SISMAC (SOFTWARE)>, <MAINTENANCE MODEL

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes.

La Carrera de Ingeniería Automotriz fue creada en el año 2003 como Tecnología, la misma que por requerimientos sociales y sustentados en estudios pertinentes dio paso a la creación de la Carrera de Ingeniería Automotriz, aprobada el 17 de febrero de 2004 por el Consejo Politécnico de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH).

La carrera fue creada respondiendo de manera oportuna al crecimiento del parque automotor, incorporando nuevos conocimientos a los futuros profesionales en esta área, cuenta con infraestructura civil, laboratorios y talleres los cuales son un factor indispensable en el desarrollo de nuevos conocimientos para los futuros profesionales, que se están formando.

En el presente periodo académico la carrera cuenta con 634 estudiantes, los cuales hacen uso de los Talleres de Motores de Combustión Interna (MCI) los mismos que están a disposición desde el año 1999.

Para evitar el deterioro de los equipos que se encuentran en el Taller MCI es necesario planificar su mantenimiento, el cual sirve a los estudiantes como práctica, aplicación de conocimientos; además el mantenimiento del parque automotor de la ESPOCH desarrolla sus actividades en este lugar.

En el año 2012 se realizó un trabajo de titulación en el cual se definió el manual de mantenimiento para los laboratorios de control automático, instrumentación, laboratorio de turbo maquinaria y mecánica de fluidos de la Facultad de Mecánica.

Los cuales proporcionan datos técnicos, tareas de mantenimiento y recomendaciones de seguridad; sin embargo, para los edificios, laboratorios y talleres de la Carrera de

Ingeniería Automotriz no se reflejan planes de mantenimiento de ninguna infraestructura, de ahí la importancia y objeto de este estudio.

1.2 Justificación.

La Constitución del Ecuador, en la sección quinta, artículo 26-27, indica que la educación es un derecho de los ecuatorianos a lo largo de su vida y un deber ineludible e inexcusable del estado. Las personas, las familias y la sociedad tienen el derecho y la responsabilidad de participar en el proceso educativo, en el marco del respeto a los derechos humanos y al medio ambiente sustentable. (Constitución, 2008)

Con el propósito de garantizar la calidad de la educación el Consejo de Educación Superior recomienda realizar el proceso de acreditación de las carreras cada 5 años y determina mediante varios indicadores el estado de cada una de ellas. La evaluación de estas es de vital importancia ya que deben cumplir parámetros y requisitos para que las carreras sean acreditadas.

Un aspecto que se debe considerar para obtener una educación de calidad es contar con un ambiente físico propicio, con disponibilidad, herramientas y equipo de protección personal, actividades de mantenimiento para la conservación y buen funcionamiento de todos los activos.

Es imprescindible contar con equipos con la mayor disponibilidad para que los estudiantes puedan acceder a ellos cuando se requiera; ya sean equipos de los talleres, laboratorios o infraestructura física.

El presente trabajo está orientado al desarrollo de un plan de mantenimiento para el taller de soldadura, oficinas de profesores de las carreras de Ingeniería Industrial y Mantenimiento, laboratorios y edificios de la Carrera de Ingeniería Automotriz, utilizando la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Abreviado (RCM Abreviado).

Consiguiendo un plan de mantenimiento aplicable, de modo que no se genere una lista de tareas desmesuradas y poco práctica; sino definir las necesarias, de acuerdo al contexto que cada activo lo necesite. Empleando una herramienta informática, para que la información que está relacionada con el mantenimiento y su gestión esté disponible cuando requiera ser consultada.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar un plan de mantenimiento para el taller básico de soldadura, oficinas de profesores de Industrial y Mantenimiento, laboratorios: Física I y II, Sistemas Eléctricos, Autotrónica, MCI (Motores de Combustión Interna), Aerodinámica, Aire Acondicionado y Refrigeración, Asociación Automotriz y edificios principales de la carrera de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH utilizando la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Abreviado.

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar la gestión actual del mantenimiento de equipos y activos del taller básico de soldadura, oficinas de profesores de Industrial y Mantenimiento, laboratorios: Física I y II, Sistemas Eléctricos, Autotrónica, MCI (Motores de Combustión Interna), Aerodinámica, Aire Acondicionado y Refrigeración, Asociación Automotriz y edificios principales de la carrera de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH.
- Aplicar la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad abreviado para la definición de tareas de mantenimiento preventivo y su logística.
- Capacitar el personal de los laboratorios y talleres en el uso de documentos de mantenimiento durante las inspecciones y seguimientos del plan.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción

El mantenimiento es una de las fortalezas potenciales que ha aportado a la evolución industrial, con la incrustación de actividades rutinarias o planificadas que permiten reducir la probabilidad del desarrollo de una falla.

Esto quiere decir que, aplicando una buena gestión del mantenimiento, se evitan actividades correctivas con elevados costos que implican a un futuro daños irreversibles en máquinas y equipos e inclusive paros de producción.

La norma ISO 14224 define al mantenimiento como “La combinación de acciones técnicas y administrativas, incluyen supervisión, el fin es mantener un equipo o sistema, para que opere en un estado que le permita realizar las funciones requeridas y así evitar paros imprevistos de producción.” (ISO14224, 1999)

2.1.1 *Ingeniería de mantenimiento*

La ingeniería de mantenimiento es una de las dependencias con mayor carga de responsabilidad dentro del buen funcionamiento de máquinas y equipos. La ingeniería ayuda a desarrollar e implementar programas de conservación de máquinas, equipos, herramientas y otros activos; pertenecientes a los medios en una fábrica, para hacer viables los trabajos realizados a una calidad total. (PALENCIA, 2012)

Teniendo en cuenta esta definición el departamento de mantenimiento busca asegurar el cumplimiento de actividades claves, para garantizar el correcto funcionamiento de un sistema, como:

- Inspección.
- Reparación.
- Modificación.

- Montaje.
- Cambio de equipos y sus elementos.

Las actividades anteriormente mencionadas, buscan obtener resultados positivos para la empresa, y se verán reflejadas bajo tres indicadores claves del mantenimiento:

- Confiabilidad
- Disponibilidad
- Mantenibilidad

2.1.1.1 *Confiabilidad.* La confiabilidad se puede definir como la probabilidad en las que un sistema, equipo o elemento, cumpla con su función determinada sin que presente algún tipo de fallo bajo un determinado tiempo. (UNE-EN13306, 2011)

Este indicador en un equipo se lo puede medir bajo la incidencia con las que ocurren las fallas. Si no hay se puede determinar que el equipo es 100% confiable. Existen porcentajes aceptables de funcionamiento (88%, 98%) y que no se llegan a su máximo, por razones de costo-beneficio que éste presente. (MORA GUTIERREZ, 2009)

2.1.1.2 *Disponibilidad.* Es la aptitud de un equipo para encontrarse en estado en que pueda realizar su función en cualquier momento que se lo requiera. Listo para entrar en funcionamiento sin ningún inconveniente. (UNE-EN13306, 2011)

Equipos en back-up o en stand-by; son aquellos de mayor prioridad de mantenerlos disponibles, ya que, el equipo principal puede estar en estado de funcionamiento y presentar un fallo en el momento menos esperado; es ahí cuando las disponibilidades de los equipos suplentes enfrentan y contrarrestan grandes problemas por paros imprevistos prolongados.

2.1.1.3 *Mantenibilidad.* Es la capacidad de una instalación bajo condiciones de estado de funcionamiento o no, presten facilidades a los mantenedores para realizar trabajos de intervención en ellas. La mantenibilidad se vincula con las 5´S aplicadas en todas las áreas de la organización, que permiten la facilidad para realizar cualquier tipo de acción en el activo. (UNE-EN13306, 2011)

2.1.2 *Objetivos y funciones del mantenimiento*

2.1.2.1 *Objetivos del mantenimiento.* Existen diferentes tipos de organizaciones, en las que el departamento de mantenimiento es el encargado de mantener el funcionamiento óptimo de máquinas y equipos, con el menor de los costos posibles y garantizando la seguridad industrial. (CUARTAS PÉREZ, 2008)

Estas funciones de mantenimiento pueden ser alcanzadas, con el cumplimiento honesto de los siguientes objetivos:

- Optimizar la disponibilidad de equipos, sistemas e instalaciones.
- Incrementar la vida útil de los equipos.
- Garantizar la seguridad de personas, equipos e instalaciones.
- Reducir costos de operación y reparación por mantenimiento.
- Implementar estrategias de gestión, que permitan que los indicadores de mantenimiento alcancen valores óptimos.
- Conservación del medio ambiente.
- Aplicar sistemas de mejora continua en el departamento de mantenimiento.

2.1.2.2 *Funciones del mantenimiento.* “La función principal del mantenimiento es: conseguir un determinado nivel de disponibilidad de producción de condiciones de calidad exigible, al mínimo costo, con el máximo nivel de seguridad para el personal y con bajo impacto al medio ambiente” (ver Figura 1-2). (MORA GUTIERREZ, 2009)

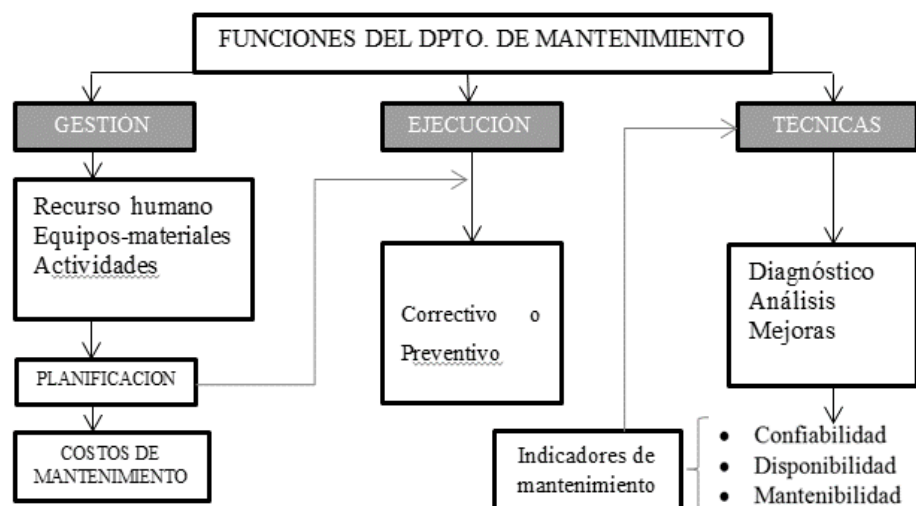


Figura 1-2. Funciones del mantenimiento

Fuente: (HERNÁNDEZ, 2016)

Las funciones se clasifican en tres grandes grupos que aportan a la administración del departamento, cuya finalidad es buscar resultados de máxima eficiencia y eficacia.

La “GESTIÓN” como parte de las funciones, es la encargada en velar por la integridad de:

- Recurso humano (selección y capacitación de personal de trabajo para mantenimiento.)
- Equipos-materiales (Gestión de bodega en cuanto a materiales, repuestos, equipos, convenio con proveedores.)
- Actividades (Desarrollo e implementación de planes de mantenimiento preventivo y/o correctivo.)

Posteriormente se planifica una “EJECUCIÓN” de las actividades gestionadas, estas pueden ser: correctivas, preventivas y de mejora. Cabe recalcar que la ejecución a realizarse debe contar con “TÉCNICAS” de mantenimiento que se enfoquen en el diagnóstico, análisis y mejoras que ayuden a elevar cualitativa y cuantitativamente los indicadores de mantenimiento.

El departamento de mantenimiento tiene un sin número de actividades, dentro de ellas, destacan las siguientes:

- Modificar, instalar y reparar equipos e instalaciones.
- Planificar y desarrollar actividades de mantenimiento correctivo y preventivo.
- Analizar datos, informes y formular recomendaciones y/o modificaciones a los programas establecidos.
- Capacidad de selección y capacitación del personal.
- Controlar el stock de repuestos en bodega.
- Establecer presupuesto y costos de mantenimiento.
- Implementar niveles de ingeniería en cada trabajo realizado.
- Investigar e identificar la causa raíz de los diferentes modos de fallo.
- Respetar las normas de seguridad y medio ambiente. (HERNÁNDEZ, 2016)

2.1.3 Tipos de mantenimiento

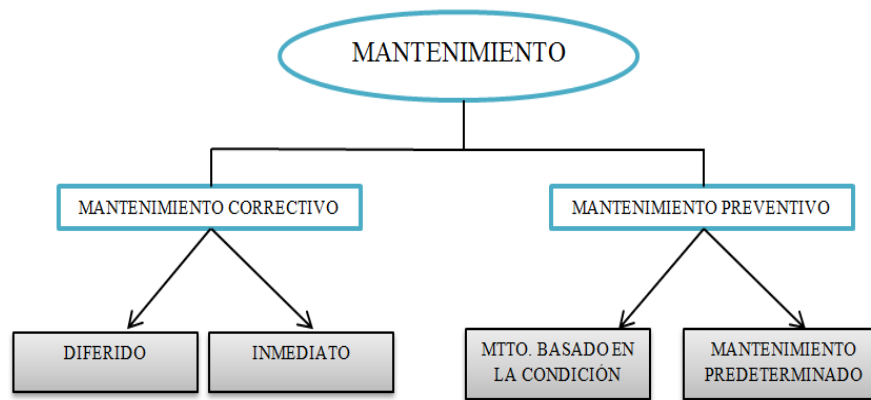


Figura 2-1. Mantenimiento-resumen general

Fuente: (UNE-EN13306, 2011)

2.1.3.1 *Mantenimiento correctivo.* Mantenimiento que se realiza a los activos una vez que se haya detectado la avería, esta actividad se la realiza cuando el activo se encuentra en estado de parada, con la finalidad de volverlos a un estado en donde puedan cumplir con la función requerida. (UNE-EN13306, 2011)

2.1.3.2 *Mantenimiento correctivo diferido.* Mantenimiento que una vez detectada la avería, no se ejecuta inmediatamente ya que pueden existir varias razones para justificar dicha acción. (UNE-EN13306, 2011)

2.1.3.3 *Mantenimiento correctivo inmediato.* Mantenimiento que una vez detectada la avería, se ejecutan las acciones correctivas sin retraso alguno, con el fin de evitar pérdidas por paros prolongados y a fin de ponerlos nuevamente en estado operativo. (UNE-EN13306, 2011)

2.1.3.4 *Mantenimiento preventivo (MP).* El mantenimiento preventivo se realiza a un sistema de acuerdo a una previa planificación y programación de actividades, con el fin de disminuir la probabilidad de que se presente un fallo. Hay que tomar en cuenta que no se puede realizar este tipo de mantenimiento a cualquier costo. (UNE-EN13306, 2011)

Ventajas del mantenimiento preventivo:

- Reducción de paradas imprevistas de los equipos.
- Menor necesidad de recurrir a reparaciones y menor número de mantenimientos.
- Cambio del sistema de mantenimiento de “paros” a mantenimiento programado por reparación.

- Disminución de costos de mantenimiento por reparaciones correctivas imprevistas. (PALENCIA, 2012)

2.1.3.5 *Mantenimiento basado en la condición.* Mantenimiento preventivo que examina, estudia, observa y permite diagnosticar el comportamiento de un equipo en estado de funcionamiento, con el fin de identificar modos de fallo potencial y evitar futuros fallos funcionales. (UNE-EN13306, 2011)



Figura 3-2. Mantenimiento basado en la condición

Fuente: (EVOLUTION, 2008)

Ventajas del mantenimiento basado en la condición:

- Detección de fallas potenciales y determinación actual del equipo y/o elemento.
- Eliminación de tareas que impliquen que se desarme los equipos.
- Evita el contacto directo con equipos de alto riesgo de accidentabilidad.
- Reducción de paros imprevistos.
- Incremento de los indicadores de mantenimiento.

Para garantizar la toma de decisiones en cuanto a intervenciones preventivas, se debe contar con personal especializado en mantenimiento basado en la condición, y procurar ser exactos para evitar inflación de los costos por mantenimiento predictivo.

Desventajas:

- Altos costos de los equipos de diagnóstico preventivo.
- Si se lo realiza por contratación externa, de igual manera representan elevados costos.

2.1.3.6 *Mantenimiento predeterminado.* Mantenimiento preventivo que se realiza de acuerdo a frecuencias de intervención establecidas, mediante una programación y planificación de actividades de mantenimiento, con un número determinado de unidades en estado de funcionamiento o no, pero sin investigación previa de la condición. (UNE-EN13306, 2011)

Es el conjunto de tareas programadas y agrupadas con diferentes frecuencias de intervención para cada equipo en un sistema, con el fin de reducir la probabilidad de fallos que desarrollen una parada imprevista del proceso, que a la vez desencadenarán problemas de producción, se contemplan en un plan de mantenimiento. (PALENCIA, 2012)

2.2 Selección de criterios y subcriterios de evaluación de la Gestión del Mantenimiento.

Un criterio es un medio de expresar las obligaciones de desempeño. Los métodos de evaluación de la edificación sustentable BSA (Building Sustainable Assessment), tales como VERDE (Valoración de Eficiencia de Referencia De Edificios) y CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency) identifican que los criterios de evaluación consideran: (Priorización de criterios para la evaluación de la gestión del mantenimiento en edificios multifamiliares, 2017)

- **Las características físicas de la edificación:** La contribución del diseño del edificio para la facilidad en el mantenimiento y costo del ciclo de vida.
- **Aspectos claves de la gestión como:**
 - Políticas.
 - Informes.
 - Software de mantenimiento (GMAO), recursos humanos (formación profesional, cantidad, capacitación y entrenamiento, asimilación de nuevas metodologías).
 - Presupuesto.
 - Plan económico.
 - Indicadores económicos.
 - Priorización de actividades de mantenimiento.

- Registros de mantenimiento.
- Herramientas y materiales.
- Plan de mantenimiento.
- Manual de mantenimiento.
- Procedimientos de mantenimiento.
- Inspecciones.
- Plan de mantenimiento preventivo.
- Documentación técnica.
- Contratos de mantenimiento.

Para la selección de criterios que se ajusten a las características y al contexto de las edificaciones, se plantearon cuatro juicios para aceptar o descartar un criterio como:

- Si el criterio es aplicable al tipo de edificación que se estudia.
- Si el criterio permite mejorar los problemas de la gestión del mantenimiento.
- Si el método para evaluar el criterio es factible de aplicar en el contexto local de los edificios
- Si los niveles de exigencia del criterio son compatibles con la realidad local.

2.2.1 Método AHP

El mantenimiento para la conservación de edificios involucra actividades técnicas, administrativas y de gestión. Para conocer el desempeño de un edificio en el área de la gestión de mantenimiento, esta debe ser evaluada; por lo que es necesario saber qué criterios se deben considerar al momento de realizar la evaluación y que ponderaciones tienen estos.

Una metodología que permite responder a estas inquietudes es la metodología Proceso Analítico Jerárquico (AHP). El proceso analítico jerárquico fue propuesto por el Profesor Thomas L. Saaty, como respuesta a problemas concretos de toma de decisiones en el Departamento de Defensa de los EEUU. (AZNAR, y otros, 2012)

Este método se adecua a distintas situaciones, es un método de selección de alternativas en función de una serie de criterios o variables. Para ello, pondera tanto los criterios como las distintas alternativas utilizando las matrices de comparación pareadas y la Escala

Fundamental para comparaciones por pares, ya que podemos encontrar criterios no acordes a nuestra aplicación. (AZNAR, y otros, 2012)

El AHP es un método basado en la evaluación de diferentes criterios que permiten jerarquizar un proceso y su objetivo final, consiste en optimizar la toma de decisiones gerenciales. Es decir trata de desmenuzar un problema y luego unir todas las soluciones de cada parte de éste, en una conclusión (SAATY, 1980).

Para el desarrollo de este método se establecen tres fases:

2.2.2 Modelización.

Construcción de una estructura jerárquica de los aspectos a evaluar, una de las partes más importantes del modelo AHP, consiste en la estructuración de la jerarquía del problema de cada fase en la cual el grupo involucrado debe elaborar y descomponer el problema en sus criterios y sub-criterios más relevantes.

La ventaja de la fase de modelización es que permite realizar una jerarquía del proceso de decisión; dicha jerarquía puede ser representada basándose en lo que recomienda (ZAHEDI, 1986), en el siguiente árbol de decisión.

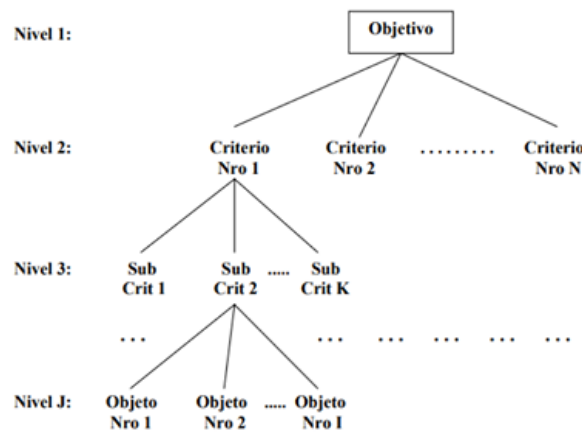


Figura 2-2. Esquema jerárquico método AHP

Fuente: (ZAHEDI, 1986)

Para desarrollar la estructura jerárquica se inicia desde la identificación de los criterios más generales hasta los particulares, mediante esto conseguimos agrupar los criterios más relevantes del tema a analizar, cada criterio según sea su complejidad se requiere que se descompongan en subcriterios, estos deben guardar una relación jerárquica en forma descendente (AZNAR, y otros, 2012)

2.2.3 Valorización.

Consiste en la asignación de un grado de importancia a requerimientos y criterios por parte de especialistas. Para llevar a cabo la segunda etapa, es necesario definir tres aspectos:

- Escala de valoración
- Instrumento a aplicar
- Selección de expertos en el tema de estudio que van a ser consultados

2.2.3.1 *La escala de valoración:* se emplea la escala fundamental para la valoración de los criterios comparándolos por pares, propuesta por el método AHP. (*Priorización de criterios para la evaluación de la gestión del mantenimiento en edificios multifamiliares, 2017*).

Tabla 1-2. Descripción de la escala de Saaty.

Valor	Definición	Comentarios
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente al criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el criterio B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B está fuera de toda duda
2,4,6,8	Valores intermedios entre los anteriores cuando es necesario matizar.	
Recíprocos de los anteriores	Si el criterio A es de importancia grande frente al criterio B las notaciones serán las siguientes: Criterio A frente a criterio B 5/1 Criterio B frente a criterio A 1/5	

Fuente: (*Priorización de criterios para la evaluación de la gestión del mantenimiento en edificios multifamiliares, 2017*).

La escala emplea ocho números (del dos al nueve) que expresan la mayor importancia de un criterio respecto al que se compara; reservándose el valor de uno para indicar que dos criterios que se comparan tienen igual importancia.

Para la valoración por parte de los especialistas, se emplea la matriz desarrollada por (AZNAR, y otros, 2012), con la que se realizaron las comparaciones pareadas de los requerimientos y los criterios de gestión del mantenimiento respectivamente. Para la elaboración de la matriz de comparaciones pareadas, se debe tener en cuenta los siguientes axiomas:

- Axioma de reciprocidad: Si frente a un criterio, una alternativa A es n veces mejor que B, entonces B es 1/n veces mejor que A. Esto garantiza que el análisis se haga de forma bidireccional (OSORIO, y otros, 2008).
- Axioma de homogeneidad: Los elementos que se comparen entre sí deben ser del mismo orden de magnitud y jerarquía.
- Axioma de síntesis. Este axioma es rebatible y en algunos análisis no se aplica puesto que pueda ser posible que exista dependencia de la importancia de un objetivo con el nivel más bajo. (ESCRIVÁ, 2016).

2.2.3.2 *El Instrumento*: El procedimiento para el desarrollo del instrumento es la comparación con pares cuantificadas mediante la escala fundamental, las comparaciones pareadas se sintetizan en una matriz cuyo vector propio nos indica la ponderación de los criterios.

Tabla 2-2. Instrumento para la valoración de requerimientos.

REQUERIMIENTOS DE MANTENIMIENTO	Importancia									Importancia									REQUERIMIENTOS DE MANTENIMIENTO	
	Extrema		Muy fuerte		Fuerte		Moderada			Igual	Moderada			Fuerte		Muy fuerte		Extrema		
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		
CRITERIO 1																				Criterio 2 Criterio 3 Criterio 3 Criterio
																				Criterio 1 Criterio 2 Criterio 3 Criterio 4
																				Criterio 1 Criterio 2 Criterio 3 Criterio 4
																				Criterio 1 Criterio 2 Criterio 3 Criterio 4

Fuente: (Priorización de criterios para la evaluación de la gestión del mantenimiento en edificios multifamiliares, 2017).

Conocido la ponderación de los criterios se pasa a ponderar las distintas alternativas en función de cada criterio. Para ellos se comparan todas las alternativas en función de cada criterio utilizando la **Tabla 2-2.** (Instrumento para la valoración de requerimientos), luego esta información servirá para construir la matriz de comparación pareada de tamaño n , siendo n el número de criterios. (AZNAR, y otros, 2012)

Tabla 3-2. Matriz de comparación pareada.

	A1	A2	A3
A1	1	a_{12}	a_{13}
A2	a_{21}	1	a_{23}
A3	a_{31}	a_{32}	1

Fuente: (AZNAR, y otros, 2012)

La matriz construida debe cumplir las propiedades de los axiomas ya mencionados en la escala de valoración.

2.2.3.3 Expertos. Se consulta a expertos de mantenimiento y entendidos que conozcan del tema para el desarrollo del instrumento que ayuda a comparar criterios y así tener valores acertados consecuentemente con ayuda de la matriz.

La cantidad de entendidos en el tema es de 30 personas, las cuales se han dividido en 13 docentes, ocho especialistas y nueve administradores.

2.2.4 Priorización.

La priorización corresponde a la ponderación de la determinación de los criterios y subcriterios de evaluación. Una vez construida la matriz de comparaciones pareadas se verifica su consistencia y se calcula su vector propio, los cuales pueden ser obtenidos a partir de métodos y modelos fundamentales, como con ayuda de diferentes herramientas informáticas.

Cuando el vector propio obtenido sea el de la matriz de criterios lo llamaremos V_c , siendo aquel que indica el peso o importancia relativa que cada uno de los criterios utilizados va a tener en el proceso de decisión.

Cuando el vector propio obtenido sea el de la matriz de sub-criterios, lo llamaremos V_{ai} (vector columna), que indica el peso o importancia relativa de cada uno de los sub-criterios para el criterio i . (AZNAR, y otros, 2012)

2.2.4.1 *Análisis de consistencia.* El método AHP permite evaluar la congruencia de los juicios a través de la obtención del radio de consistencia (RC). Antes de determinar una inconsistencia, es necesario estimar el índice de consistencia (IC) de una n x n matriz de comparaciones, donde IC viene definido por:

$$IC = \frac{\lambda \text{ máx.} - n}{n - 1}$$

Ecuación 2-1. Índice de consistencia

Donde $\lambda_{\text{máx.}}$ es el promedio de los valores del vector cociente y n es el tamaño de la matriz. Por lo cual el RC se obtiene por:

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

Ecuación 2-2. Ratio de consistencia

Donde IA es un valor de consistencia aleatoria promedio para una matriz n x n, que está en función del tamaño:

Tabla 4-2. Valores de IA para matrices de diferentes órdenes.

n	1	2	3	4	5	6	7	8
IA	0	0	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404
n	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595

Fuente: (SAATY, 1980)

Se puede considerar que una matriz es consistente cuando no supere los siguientes valores:

Tabla 5-2. Porcentaje máximo de Ratio de consistencia.

Tamaño de la matriz (n)	Ratio de consistencia (%)
3	5
4	9
5 o mayor	10

Fuente: (AZNAR, y otros, 2012)

2.3 Plan de Mantenimiento Centrado en la confiabilidad RCM.

El objetivo fundamental de la implantación de un Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), es aumentar la confiabilidad de la instalación. El RCM determina

funciones y estas los fallos, en cada fallo determina su modo de fallo, los efectos se determinan de los modos de fallo, los efectos determinan las consecuencias y las consecuencias enfocan tareas.

El RCM abreviado determina fallos, modo de fallo y tareas. El análisis de los fallos potenciales de una instalación industrial según esta metodología aporta una serie de resultados (GARCÍA, 2013):

- Mejora la comprensión del funcionamiento de los equipos.
- Analiza todas las posibilidades de fallo y trata de evitarlas.
- Determina una serie de acciones que permiten garantizar una alta disponibilidad.
- Mejoras y modificaciones en la instalación.
- Medidas que reducen los efectos de los fallos, en el caso de que estos no puedan evitarse.
- Determinación del stock de repuesto que es deseable.
- Procedimientos operativos, tanto de operación como de mantenimiento.

2.3.1 RCM ventajas y desventajas

Tabla 6-2. RCM Ventajas - Desventajas

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Garantiza el funcionamiento seguro y confiable de máquinas y/o equipos.	El RCM Requiere un amplio conocimiento acerca de la fiabilidad y mantenibilidad del sistema y todos sus componentes
Reducciones de costos, directos e indirectos, porque mejora la calidad del programa de mantenimiento	El personal de mantenimiento necesita un amplio conocimiento sobre la funcionalidad de cada elemento de las máquinas y/o equipos.
Satisface las normas de seguridad y medio ambiente.	Requiere de mucha inversión en capacitación al personal de mantenimiento para la implementación del RCM.
Incentiva la relación entre distintas áreas de la empresa, creando de esta manera un ambiente de compañerismo al interior de la organización.	Demanda el conocimiento de normas, las cuales especifican las exigencias que debe cumplir un proceso para poder ser denominado R.C.M.
Disminuye los costos por mantenimiento innecesarios basados en la confiabilidad de los equipos.	Necesita el apoyo de todos los recursos humanos involucrados en la entidad productiva, lo cual por lo general es difícil al principio

Fuente: (LLANES, 2010).

2.3.2 Las 7 preguntas básicas que incita a responder el proceso RCM son: (MOUBRAY, 1996)

- ¿Cuáles son las funciones y respectivos estándares de desempeño de este bien en su contexto operacional?
- ¿En qué aspecto no responde al cumplimiento de sus funciones?
- ¿Qué ocasiona cada falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando se produce cada falla en particular?
- ¿De qué modo afecta cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir la falla?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra el plan de acción apropiado?

2.3.3 Inventario y codificación de instalaciones a mantener

La norma ISO 14224 es una norma creada para el sector petrolero pero los principios generales pueden ser aplicados a cualquier tipo de empresa o infraestructura. El inventario técnico de equipos e infraestructura es un registro descriptivo en el que constan las principales características de los equipos, sobre el cual se basará la planificación, programación y control del mantenimiento.

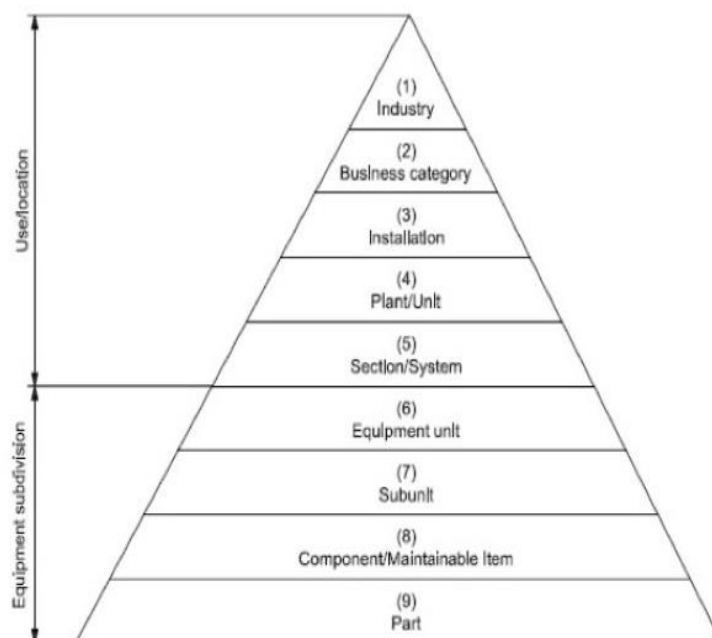


Figura 3-2. Pirámide Taxonométrica ISO 14224

Fuente: (ISO14224, 2006)

El inventario de instalaciones puede empezar desde el nivel 4, localización, entre sus características están:

- Código
- Descripción del equipo o infraestructura
- Información técnica
- Componentes

2.3.4 *Criticidad*

La criticidad se la puede apreciar comparando con valores, a continuación, la tabla propuesta para valorar la criticidad de un equipo que puede ser la siguiente:

TIPO DE EQUIPO	SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	IMPACTO OPERACIONAL	CALIDAD DEL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	MANTENIMIENTO
A) CRITICO	Puede originar un accidente muy grave	Su parada afecta en la planificación de ejecución de prácticas de laboratorio o talleres.	Es clave para la calidad del proceso enseñanza-aprendizaje	Alto costo de reparación en caso de avería
	Necesita revisiones periódicas frecuentes (de seguridad)			Averías muy frecuentes
	Ha producido accidentes en el pasado			Consumo una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra o materiales)
B) IMPORTANTE	Necesita revisiones periódicas anuales (de seguridad)	Afecta a la ejecución de prácticas pero es recuperable (no llega a afectar a los ocupantes o a la planificación de prácticas)	Afecta a la calidad del proceso enseñanza-aprendizaje, pero habitualmente no es problemático	Coste medio en mantenimiento
	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas			
C) PRESCINDIBLE	Poca influencia en la seguridad y medio ambiente	Poca influencia en la ejecución de prácticas	No afecta a la calidad del proceso enseñanza-aprendizaje	Bajo costo de mantenimiento

Figura 4-2. Criterios de criticidad

Fuente: (GARCÍA, 2003)

2.3.5 *Modelos de mantenimiento*

Un modelo de mantenimiento es una mezcla de los anteriores tipos de mantenimiento en unas proporciones determinadas, y que responde adecuadamente a las necesidades de un equipo concreto.

Podemos pensar que cada equipo necesitará una mezcla distinta de los diferentes tipos de mantenimiento, una mezcla determinada de tareas, de manera que los modelos de mantenimiento posibles serán tantos como equipos puedan existir. Pero esto no es del todo correcto. Pueden identificarse claramente cuatro de estas mezclas, complementadas con otros dos tipos de tareas adicionales, según se verá más adelante. (GARCÍA, 2003)

Los tipos de modelos de mantenimiento que hablan en el libro Organización y Gestión Integral del Mantenimiento de Santiago García Garrido publicado en el año 2003 son cuatro:

- Modelo Correctivo
- Modelo Condicional
- Modelo Sistémico
- Modelo de Alta Disponibilidad.

Los cuales incluyen dos actividades indispensables, que son las inspecciones visuales, y la lubricación.

Está demostrado que la realización de estas dos tareas en cualquier activo es rentable incluso si se ocupara el modelo más sencillo que sería el correctivo, ya que sería conveniente tener una frecuencia de inspección visual a esperar que el activo tenga algún tipo de avería.

2.3.5.1 Modelo Correctivo. Este modelo es el más básico, e incluye, además de las inspecciones visuales y la lubricación mencionadas anteriormente, la reparación de averías que surjan.

Es aplicable a equipos con el más bajo nivel de criticidad, cuyas averías no suponen ningún problema, ni económico ni técnico. En este tipo de equipos no es rentable dedicar mayores recursos ni esfuerzos. Se encuentran tareas básicas para activos con criticidad prescindible como: (GARCÍA, 2003)

- Inspecciones visuales.
- Lubricación.
- Reparación de averías.

2.3.5.2 *Modelo Condicional.* Incluye las actividades del modelo anterior, y además, la realización de una serie de pruebas o ensayos que condicionarán una actuación posterior.

Si tras las pruebas se descubre una anomalía, se programa una intervención; si por el contrario, todo es correcto, no actuaremos sobre el equipo. Este modelo de mantenimiento es válido en aquellos equipos de poco uso, o equipos que a pesar de ser importantes en el sistema productivo su probabilidad de fallo es baja. Se encuentran tareas básicas como: (GARCÍA, 2003)

- Inspecciones visuales.
- Lubricación.
- Limpieza.
- Mantenimiento Condicional.
- Reparación de averías.

2.3.5.3 *Modelo Sistémico.* Este modelo incluye un conjunto de tareas que se realizara sin importarnos cuál es la condición del equipo, además, algunas mediciones y pruebas para decidir si se ejecutan otras tareas de mayor envergadura; y, por último, se resolverá las averías que surjan.

Se enfoca a equipos de disponibilidad media de cierta importancia y sus averías causan trastornos. Se encuentran tareas como: (GARCÍA, 2003)

- Inspecciones visuales.
- Lubricación.
- Mantenimiento Preventivo Sistemático.
- Mantenimiento Condicional.
- Reparación de averías.

2.3.5.4 *Modelo de Alta Disponibilidad.* Es el modelo más exigente y exhaustivo de todos. Se aplica en aquellos equipos que bajo ningún concepto pueden sufrir una avería o un mal funcionamiento. Son equipos a los que se exige, además, unos niveles de disponibilidad muy altos, por encima del 90%.

La razón de un nivel tan alto de disponibilidad es, en general, el coste en producción que tiene una avería. Para mantener estos equipos es necesario emplear técnicas de mantenimiento predictivo, que permitan conocer el estado del equipo con él en marcha.

En las revisiones se sustituyen, en general, todas aquellas piezas sometidas a desgaste o con probabilidad de fallo a lo largo del año (piezas con una vida inferior a dos años). Estas revisiones se preparan con gran antelación, y no tiene por qué ser exactamente iguales año tras año. Se encuentran tareas como: (GARCÍA, 2003)

- Inspecciones visuales.
- Lubricación.
- Reparación de averías.
- Mantenimiento Condicional.
- Mantenimiento Sistemático.

2.3.6 *El contexto operacional.*

Es el medio en el cual el equipo funciona bajo determinadas circunstancias. Por ejemplo, dos activos idénticos operando en distintas plantas, pueden resultar en planes de mantenimiento completamente distintos si sus contextos operacionales son diferentes. Es por ello que antes de comenzar el análisis se debe identificar claramente el contexto operacional en el cual funciona el equipo. (MOUBRAY, 1996)

2.3.7 *Actividades de Mantenimiento basado en RCM Abreviado (GARCÍA, 2003)*

- Determinación de los fallos funcionales y técnicos de los sistemas que componen cada uno de los equipos.
- Estudio de las consecuencias del fallo (A detectar o amortiguar).
- Determinación de los modos de fallo.
- Determinación de medidas preventivas que eviten o amortigüen los efectos de los fallos.
- Selección de tareas de acuerdo al modelo de mantenimiento.
- Determinación de las frecuencias óptimas para cada tarea.
- Agrupación de las tareas en rutas y rutinas (Plan de Mantenimiento).
- Puesta en marcha y correcciones al plan inicial.

2.3.7.1 *Determinación de fallos funcionales y técnicos.* Una falla es la incapacidad de un activo de cumplir con las funciones que el usuario espere que las realice, es decir es la negación de la función. Sin embargo, antes de poder aplicar una solución, necesitamos identificar qué tipo de falla se están produciendo y así poder evitar en el caso que sea una falla funcional o amortiguar si es técnica.

2.3.7.2 *Determinación de los modos de falla.* Es cualquier suceso que cause una falla funcional, es decir es la forma en la que un activo pierde la capacidad de desempeñar su función. Hay que tomar en cuenta errores humanos, errores de diseño y errores administrativos.

2.3.7.3 *Estudio de las consecuencias del fallo:*

- En equipos de alta disponibilidad los fallos funcionales se evitan y los fallos técnicos se amortiguan.
- En equipos con mantenimiento sistemático los fallos funcionales se evitan y los fallos técnicos se amortiguan.
- En equipos con modelo condicional los fallos funcionales se amortiguan y los fallos técnicos de la misma manera.
- En equipos con modelo básico o correctivo no se necesita un estudio.

2.3.7.4 *Determinación de medidas preventivas:*

- Tareas de mantenimiento:
 - Inspecciones visuales y de correcto funcionamiento
 - Lubricación
 - Inspecciones predictivas
 - Limpiezas y ajustes condicionales
 - Limpiezas y ajustes sistemáticos
 - Sustitución de piezas
- Mejoras o modificaciones en la Instalación
- Cambio en los procedimientos de operación
- Cambio de los procedimientos de mantenimiento

2.3.7.5 *Selección de tareas de acuerdo al modelo de mantenimiento.*

- Comprobar ausencia de vibraciones y ruidos extraños.
- Inspección visual de fugas.
- Comprobar el buen funcionamiento de los detectores de llama.

Figura 5-2. Tipos de tareas diarias.

Fuente. (GARCÍA, 2003)

- Comprobación de la alineación de motor y bomba.
- Limpieza de contactos de finales de carrera.
- Inspección de posibles grietas.

Figura 6-2. Tipos de tareas anuales.

Fuente: (GARCÍA, 2003)

- Comprobación del funcionamiento del detector de nivel.
- Engrase de rodamientos.
- Medición del consumo de corriente eléctrica.

Figura 7-2. Tipos de tareas mensuales.

Fuente: (GARCÍA, 2003)

Tabla 7-2. Tareas y Modelos de Mantenimiento.

Tipos de tareas de mantenimiento	Modelos de mantenimiento a los que se puede aplicar este tipo de tarea.			
	Básico	Condicional	Sistemático	Alta Disponibilidad
1. Inspecciones visuales	Básico	Condicional	Sistemático	Alta Disponibilidad
2. Tareas de lubricación	Básico	Condicional	Sistemático	Alta Disponibilidad
3. Verificaciones en operación	Básico	Condicional	Sistemático	Alta Disponibilidad
4. Inspecciones predictivas		Condicional	Sistemático	Alta Disponibilidad
5. Limpiezas y ajustes sistemáticos		Condicional	Sistemático	Alta Disponibilidad
6. Limpiezas y ajustes por condición		Condicional	Sistemático	Alta Disponibilidad
7. Limpiezas y ajustes sistemáticos			Sistemático	Alta Disponibilidad
8. Sustitución de piezas			Sistemático	Alta Disponibilidad
9. Grandes revisiones				Alta Disponibilidad

Fuente: (GARCÍA, 2003)

2.3.7.6 *Selección de frecuencia de tareas de acuerdo al modelo de mantenimiento:*

- Datos históricos de fallos (estadísticas)
- Opiniones de expertos o de los fabricantes
- Intervalo P-F
- Vida útil del componente

Las tareas a condición deben ser realizadas a intervalos menores al intervalo P-F y son técnicamente factibles si:

- Es posible definir una condición clara de falla potencial.
- Intervalo P-F es razonablemente consistente
- Resulta práctico monitorear a intervalos menores al intervalo P-F
- El intervalo P-F neto es lo suficientemente largo como para ser de alguna utilidad (en otras palabras, lo suficientemente largo para actuar a fin de reducir o eliminar las consecuencias de la falla funcional).
- Reemplazo o reprogramación programada (Mantenimiento Preventivo).
- Intervalo determinado por la vida segura o vida útil del componente.

2.3.7.7 *Agrupación de las tareas en rutas y rutinas (Plan de Mantenimiento).* Se realizan actividades y tareas en forma de lista las cuales se agrupan para facilitar su ejecución. Es importante realizar las rutas según la localización de los activos para tener una alta disponibilidad y excelente administración de recursos.

- Tareas referidas a la misma área las agruparemos. Esto dará lugar a rutas o gamas del área de servicios, rutas de la zona, etc.
- Tareas referidas al mismo equipo.
- Tareas que deben ser realizadas por profesionales de la misma especialidad. Tendremos rutas eléctricas, mecánicas, de instrumentación, de lubricación, de ajuste, de calibración, etc.
- Tareas agrupadas por frecuencias de realización. Esto dará lugar a rutas diarias, semanales, mensuales, anuales, etc.

2.3.7.8 *Puesta en marcha y correcciones al plan inicial.* En este punto la aplicación del RCM abreviado está en pruebas y diagnósticos los cuales servirán de referencia y punto de apoyo para emprender cambios y correcciones al plan inicial. (GARCÍA, 2003)

CAPÍTULO III

3. DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.

En este capítulo se contempla la evaluación de Gestión del Mantenimiento mediante el método AHP y la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Abreviado a ser aplicada en los activos civiles, infraestructura y equipos críticos que se encuentran en cada una de las áreas arquitectónicas de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, para la determinación del plan de mantenimiento.

Dichas metodologías comprenden la aplicación de normativas y técnicas exhaustivas ilustradas mediante GMAO (Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador), el apoyo de un software de mantenimiento para la organización y gestión de éste. Asimismo, para la capacitación al personal encargado del mantenimiento de los diferentes laboratorios y talleres se aplicará el método audiovisual que es una técnica de fácil asimilación para cultivar aprendizajes profundos con rapidez.

3.1 Evaluación de la Gestión del Mantenimiento.

Para la conservación de edificios en establecimientos académicos se debe considerar el mantenimiento, el cual involucra actividades técnicas, administrativas y de gestión. Para conocer el desempeño de un edificio en el área de gestión del mantenimiento, es necesario conocer los criterios con los cuales se va a evaluar al bien.

El desarrollo de la metodología para evaluar se dividió en tres fases: (QUESADA, 2015):

- Determinación de los criterios de evaluación
- Priorización de los criterios
- Definición del método de evaluación.

3.1.1 Determinación de criterios de evaluación

El propósito de éste análisis es determinar los criterios para evaluar la gestión del mantenimiento de edificaciones académicas.

Un criterio es un medio de expresar las obligaciones de desempeño en este caso, de la gestión del mantenimiento de las edificaciones. Los métodos de evaluación de la edificación sustentable BCA (Building Sustainable Assessment), tales como VERDE (Valoración de Eficiencia de Referencia de Edificios) y CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency) consideran que los criterios de evaluación algunos aspectos como los que se muestran en la **Tabla 3-1**.

Tabla 1-3. Características y aspectos de criterios a considerar

Las características físicas de la edificación:	Aspectos claves de la gestión como:
La contribución del diseño del edificio para la facilidad en el mantenimiento y costo del ciclo de vida.	<ul style="list-style-type: none">• Políticas• Informes.• Software de mantenimiento (GMAO)• Recursos humanos• Presupuestos.• Plan económico.• Indicadores Económicos.• Priorización de actividades de mantenimiento.• Registros de mantenimiento.• Herramientas y materiales.• Plan de mantenimiento.• Manual de mantenimiento.• Procedimientos de mantenimiento.• Inspecciones.• Plan de mantenimiento preventivo.• Documentación técnica.• Contratos de mantenimiento.

Fuente: (Priorización de criterios para la evaluación de la gestión del mantenimiento en edificios multifamiliares, 2017)

Mediante el CEAACES (Consejo de Evaluación, Acreditación y Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior), se evalúa ciertos criterios que se describen en el modelo genérico de evaluación. El criterio “Ambiente institucional”, considera los procedimientos relacionados con el sistema de gestión académica de la carrera, el cual contiene un sub criterio laboratorios, centro de simulación y talleres en los cuales se evalúan tres indicadores esenciales:

- **Funcionalidad:** evalúa las condiciones y características de seguridad que disponen los laboratorios y talleres
- **Equipamiento:** evalúa la existencia de equipamiento básico de cada uno de los laboratorios y talleres de la carrera
- **Disponibilidad:** evalúa la correspondencia entre la cantidad de equipos, y el número de estudiantes que hacen uso de los laboratorios y talleres.

Para lograr una buena gestión del mantenimiento, se deben considerar estos tres indicadores para asegurar que la infraestructura, equipos de laboratorio y talleres de la Facultad de Mecánica estén siempre disponibles (CEAACES, 2017).

Para la selección de criterios que se ajusten a las características y al contexto de las edificaciones de la ESPOCH, se plantearon cuatro juicios para aceptar o descartar un criterio como (QUESADA, 2015):

- Dependiendo la edificación se analizará si el criterio podría ser aplicable o no
- Si los problemas de la gestión del mantenimiento son optimizados mediante estos criterios.
- La aplicación del criterio es de fácil empleo en el medio que se lo necesita.

Mediante el proceso de la primera fase, y como resultado se han seleccionado seis criterios y 18 subcriterios que permiten la evaluación de la gestión del mantenimiento. Cada criterio tiene un objetivo que contribuye a que la gestión del mantenimiento para que cumpla su propósito.

Tabla 2-3. Objetivo de los criterios

Criterios		Objetivo
OM	Organización General del Mantenimiento	Definir las políticas bajo las cuales se va regir la gestión del mantenimiento de la edificaciones
RH	Recursos Humanos del Mantenimiento	Establecer normas para la selección y capacitación del personal de mantenimiento para el fortalecimiento de las funciones de la gestión del mantenimiento del edificio
CE	Control Económico del Mantenimiento	Fomentar el uso eficiente de los recursos económicos asignados para mantenimiento de las edificaciones a través de un adecuado análisis de presupuestario y control económico
PC	Planificación, Programación y Control de Mantenimiento	Asegurar las condiciones adecuadas para el usuario del edificio, a través de un cronograma de tareas de mantenimiento debidamente presupuestado

TM	Tercerización del Mantenimiento	Establecer directrices para la selección adecuada del contratista de servicios de mantenimiento y de la calidad de la ejecución de los trabajos de mantenimiento
M	Manejo de Inventario para Mantenimiento	Correcto control de existencias de los ítems y su inventario correctamente valorado

Fuente: (Priorización de criterios para la evaluación de la gestión del mantenimiento en edificios multifamiliares, 2017)

Los subcriterios abordan la articulación de las áreas y niveles de formación, en función de los criterios.

Criterios		Subcriterios		Descripción del subcriterio de evaluación
OM	Organización general del mantenimiento	OM1	Políticas de mantenimiento	La participación de la gerencia debe verse reflejada en el establecimiento de políticas que integren el mantenimiento con los objetivos generales del edificio y que fomenten una cultura del mantenimiento del edificio. Se debe disponer de políticas de gestión de mantenimiento, que contenga una exposición clara de los objetivos y las técnicas necesarias a ser adoptadas para mantener los edificios aptos para el uso.
		OM2	Herramienta informática para la gestión de mantenimiento	Para la gestión de la información puede emplearse como herramienta un software para la gestión de mantenimiento (CMMS) para la planificación, organización, control y almacenamiento de información adecuada, que asegure eficiente y eficazmente la gestión de mantenimiento del edificio.
RH	Recursos humanos de mantenimiento	RH1	Formación profesional	El mantenimiento de edificios tendrá un responsable como un administrador o gerente de mantenimiento, quien debe tener una formación profesional a fin al mantenimiento de edificios. Además, es necesario que el personal ejecutor de mantenimiento de edificios sea personal calificado.
		RH2	Capacitación y entrenamiento	Capacitación continua de los administradores de mantenimiento y ejecutores de mantenimiento.
		RH3	Cantidad de personal de mantenimiento	Disponer de un número adecuado de personal de mantenimiento, de acuerdo a las necesidades de la infraestructura universitaria.
CE	Control económico de mantenimiento	CE1	Presupuesto de mantenimiento	Aplicar buenas técnicas para la elaboración de presupuestos, para tener un buen control financiero a través de programas de mantenimiento.
		CE2	Porcentaje de cumplimiento de presupuesto ejecutado	Establecer y disponer de indicadores económicos de mantenimiento para su evaluación y control.
PC	Planificación, programación y control	PC1	Inventario jerárquico y codificado de instalaciones a mantener.	Inventario actualizado de equipos, materiales, repuestos y accesorios (por cada laboratorio de la carrera) y la infraestructura civil.
		PC2	Plan de mantenimiento	Conjunto estructurado de tareas que comprende las actividades, los procedimientos, los recursos y la duración necesaria para ejecutar el mantenimiento. (EN 13306 Terminología de mantenimiento)
		PC3	Programación de actividades de mantenimiento	La programación de actividades a realizar debe basarse en un calendario (por ejemplo: diario/semana y/o mensual) y debe asignarse por tipo de trabajo (trabajos de ingeniería civil, eléctrica, mecánica, etc) o por áreas geográficas.
		PC4	Documentos de mantenimiento	Se deben disponer de documentos de mantenimiento generados en la fase preparatoria como son: Manuales de mantenimiento y planos. Y documentos generados en la fase operativa como son: procedimientos de mantenimiento, solicitudes de trabajo, órdenes de trabajo, permisos de trabajo, registros de mantenimiento y otros necesarios para la administración correcta del mantenimiento. Y que son fuente de información para cálculo de indicadores de mantenimiento.
		PC5	Control de la ejecución del mantenimiento planificado	Indicador = # trabajos ejecutados / # trabajos planificados.
TM	Tercerización de mantenimiento	TM1	Política de contratación	La política debe definir en primera instancia qué actividades le conviene a la institución contratar. Además la política de contratación debe establecer los lineamientos para realizar el proceso de selección y contratación del mejor contratista que ejecutará el mantenimiento.
		TM2	Especificaciones técnicas de los trabajos	Cada contrato de mantenimiento deberá contener las especificaciones técnicas referentes al objeto del contrato.
		TM3	Supervisión de los trabajos ejecutados	
MI	Manejo de inventario para mantenimiento	MI1	Maestro de ítems	Listado ítems codificado y etiquetado.
		MI2	Control de existencias	Existencia actualizada de cada ítem.
		MI3	Inventario valorado de ítems	Cada ítem que consta en el inventario deberá tener el costo utilizando las siguientes metodologías FIFO, LIFO o Costo promedio.

Figura 1-3. Matriz de criterios y subcriterios.

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

Los subcriterios PC1, PC2, PC3, PC4, PC5 están en función de los requerimientos del “Modelo genérico de autoevaluación del entorno de aprendizaje de carreras presenciales y semipresenciales de las universidades y escuelas politécnicas del Ecuador” del CEAACES.

3.1.2 *Priorización de los criterios*

En esta fase se utiliza la metodología de análisis multicriterio desarrollado por Saaty, denominado Analytic Hierarchy Process (AHP) que se empleó en varias investigaciones con objetivos similares. (SAATY, 1980).

Este método como se menciona en el capítulo II ayuda a ponderar criterios y subcriterios de la evaluación de la gestión del mantenimiento de edificaciones. Se definen tres etapas: modelación del problema de decisión, valoración y priorización de los criterios.

3.1.2.1 *Modelación.* En este punto se define una estructura jerárquica considerando los criterios y requerimientos que se van a evaluar.

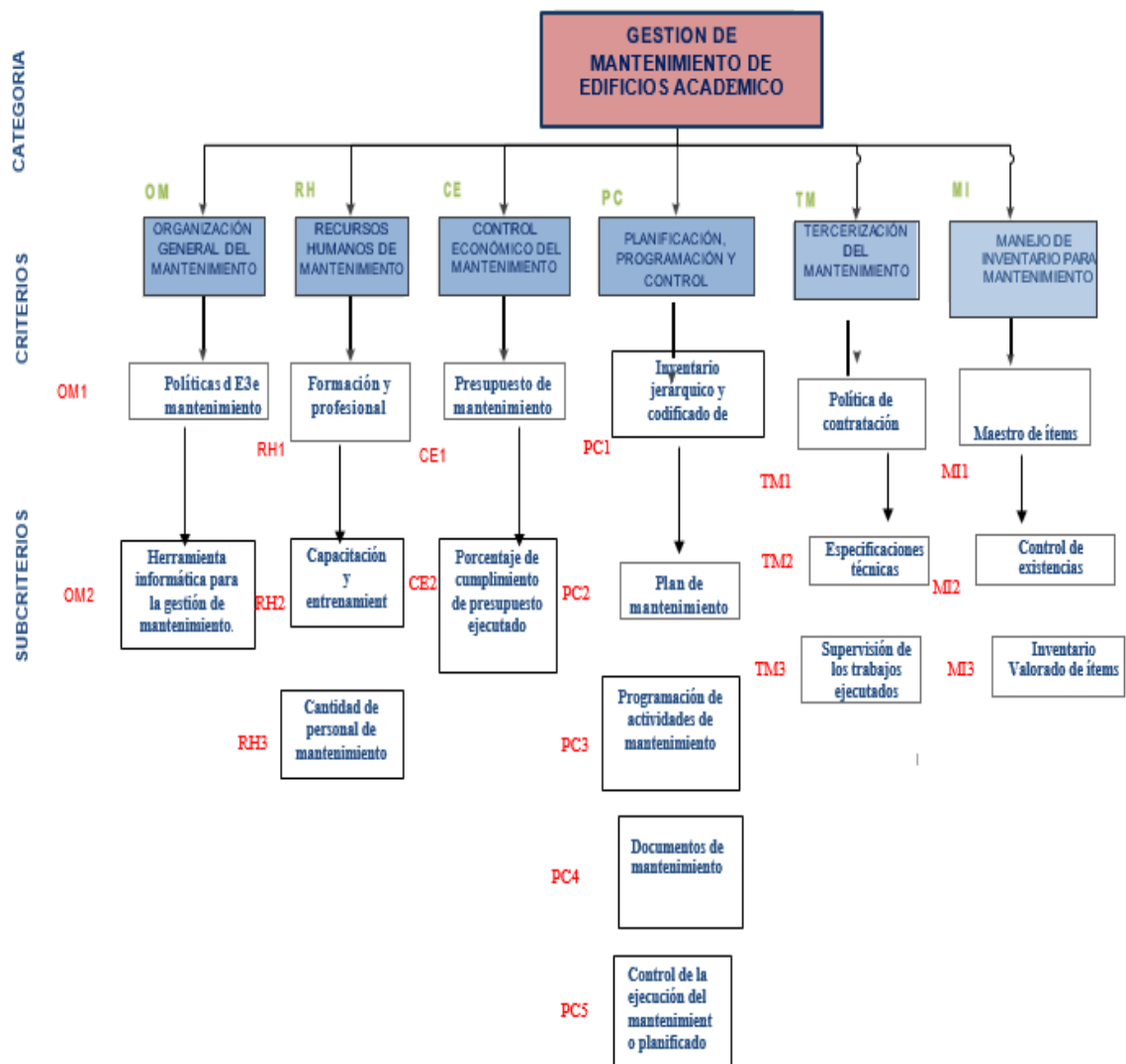


Figura 2-3. Esquema de criterios y sub-criterios de mantenimiento de edificios.

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

3.1.2.2 *Valorización.* Se incorpora la evaluación de los especialistas en el área de gestión de mantenimiento, se consideró tres aspectos:

- **Escala:** En la **Figura 3-3** la cual ya está definida por el método, consta de nueve niveles con los que se valorara a un criterio o subcriterio, con valores que van desde el uno; que se utiliza para dar una igualdad de importancia, el tres con una importancia moderada, el cinco y siete con importancia grande y muy grande respectivamente y el nueve para categorizarlos en una importancia extrema, los valores intermedios dos, cuatro, seis y siete se utilizan cuando es necesario matizar al criterio.
- **Instrumento:** El desarrollo de un instrumento de valoración tiene dos propósitos: proporcionar indicadores cuantitativos de desempeño y usar

como una herramienta de calificación para medir el rendimiento de un edificio en el ámbito de la gestión del mantenimiento.

Se realizó una matriz de comparación pareada en la cual se establecen los criterios en la parte izquierda y derecha, por lo que el experto al momento de valorar está comparando un criterio con otro y ubicándolos en un nivel de importancia como se muestra en la **Figura 3-3**.

MATRIZ DE COMPARACIÓN PAREADA DE CRITERIOS DE MANTENIMIENTO																						
CRITERIOS DE MANTENIMIENTO		Importancia									Igual	Importancia									CRITERIOS DE MANTENIMIENTO	
		Extrema		Muy fuerte		Fuerte		Moderada				Moderada		Fuerte		Muy fuerte		Extrema				
		9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9			
OM	Organización general del mantenimiento																		RH	Recursos humanos de mantenimiento		
																				CE	Control económico del mantenimiento	
																				PC	Planificación, programación y control	
																				TM	Servicio del mantenimiento	
																				MI	Manejo de inventario para mantenimiento	
RH	Recursos humanos de mantenimiento																		CE	Control económico del mantenimiento		
																			PC	Planificación, programación y control		
																			TM	Ordenes de servicio		
																			MI	Manejo de inventario para mantenimiento		
CE	Control económico del mantenimiento																		PC	Planificación, programación y control		
																			TM	Tercerización del mantenimiento		
																			MI	Manejo de inventario para mantenimiento		
PC	Planificación, programación y control																		TM	Tercerización del mantenimiento		
																			MI	Manejo de inventario para mantenimiento		
TM	Tercerización del mantenimiento																		MI	Manejo de inventario para mantenimiento		

Figura 3-2. Matriz de comparación pareada.

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

- **Especialistas:** Para el desarrollo del instrumento se debe asignar un grado de importancia a cada criterio, por lo cual se seleccionaron tres grupos de interés, mediante un muestreo premeditado, que sirvió para seleccionar encuestados con experiencia y conocimiento en el área de gestión del mantenimiento.

El tamaño de la muestra fue de 30 especialistas los cuales se componen de:

- 13 especialistas docentes con maestría en Gestión del Mantenimiento.
- Ocho especialistas técnicos con título de tercer nivel en el área de Mantenimiento.

- Nueve especialistas administradores de edificios de diferentes instituciones académicas y gubernamentales.

ESPECIALISTAS: DOCENTES	NIVEL ACADÉMICO (PROGRAMA DE MAESTRÍA)	AÑOS DE EXPERIENCIA EJERCICIO PROFESIONAL	ARQUITECTO/ INGENIERO ¿HA DISEÑADO Y / O CONSTRUIDO VIVIENDAS?	ACTIVIDAD PRINCIPAL
Ing. Eduardo Hernández	Ingeniera en Mantenimiento	14	NO	Docente
Ing. Mónica Orejuela	Ingeniera en Mantenimiento	10	NO	Docente
Ing. Verónica Chávez	Maestría en Seguridad Industrial	10	NO	Docente
Ing. Ángel Larrea	Mgs. Gestión de Mantenimiento	5	NO	Docente
Ing. Ángel Ramírez	Mgs. Gestión de Mantenimiento	30	NO	Docente
Ing. Sergio Villacrés	Mgs. Gestión de Mantenimiento	24	NO	Docente
Ing. César Gallegos	Mgs. Gestión de Mantenimiento	20	NO	Docente
Ing. Mayra Viscaíno	Mgs. Gestión de Mantenimiento	7	SI	Docente
Ing. César Arregui	Mgs. Gestión de Mantenimiento	15	NO	Docente
Ing. Alex Tenicota	Mgs. Gestión de Mantenimiento Industrial	6	NO	Docente
Ing. Stalin Nuela	Mgs. Gestión de Mantenimiento Industrial / Mgs. Seguridad Salud Y Ambiente Laboral	11	NO	Docente
Ing. César Astudillo	Ingeniero Eléctrico	33	NO	Docente
Dr. Marco Haro	Docencia e Investigación Universitaria	30	NO	Docente

Figura 3-3. Especialistas docentes.

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

ESPECIALISTAS: EXPERTO EN MANTENIMIENTO	NIVEL ACADÉMICO (PROGRAMA DE MAESTRÍA)	AÑOS DE EXPERIENCIA EJERCICIO PROFESIONAL	ARQUITECTO/ INGENIERO ¿HA DISEÑADO Y / O CONSTRUIDO VIVIENDAS?	ACTIVIDAD PRINCIPAL
Ing. José Zavala	Ing. Mantenimiento	5	NO	Supervisor de Mantenimiento
Ing. Mario Viera	Mgs. Gestión de Mantenimiento Industrial	10	NO	Administrador
Ing. Oswaldo Quintana	Tercer Nivel	6	NO	Mecánico
Ing. Danny Llamuca	Tercer Nivel	2	NO	Técnico de Mantenimiento
Ing. Pablo Moreno	Tercer Nivel	10	NO	Gerencia Mantenimiento
Ing. Julio López	Mgs. Elaboración de Proyectos	9	NO	Consultor senior
Ing. Hernán Suntasig	Ing. Electromecánico	8	NO	Técnico de Mantenimiento
Ing. Mario Gualotuña	Ing. Eléctrico	8	NO	Técnico de Mantenimiento

Figura 4-3. Especialistas técnicos.

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

ESPECIALISTAS: ADMINISTRADORES DE MANTENIMIENTO	NIVEL ACADÉMICO (PROGRAMA DE MAESTRÍA)	AÑOS DE EXPERIENCIA EJERCICIO PROFESIONAL	ARQUITECTO/ INGENIERO ¿HA DISEÑADO Y / O CONSTRUIDO VIVIENDAS?	ACTIVIDAD PRINCIPAL
Arq. Irina Tinoco	MGS. Intervención Sostenible en el Medio Construido	14	SI	Administrador DMDF
Ing. Mónica (Departamento de DMDF)	Ingeniera Civil	6	SI	Especialista en Mantenimiento
Isaías Alfredo Grazón del Salto	Mgs. Riesgos Laborales, Prevención y Salud Organizacional	25	SI	Administrador de Mantenimiento
Administrador del mantenimiento de la UNIANDES	Ing. Administración de Empresas	10	NO	Administrador Universidad UNIANDES
Ing. Cristian Martínez Altamirano	Ingeniero Mecánico	3	NO	Administrador de Talleres GAD Tena
Ing. Miguel Ángel Malavé	Ing. Finanzas	17	NO	Administrador Colegio Chiriboga
Patricio Fernando Haro Arteaga	Tercer nivel	19	NO	Administrador de Mantenimiento
Administrador del mantenimiento de la obra civil del MUNICIPIO	Ing. Civil	4	NO	Líder del departamento de obras publicas
Ing. Bolívar Vallejo	Ing. Civil	28	NO	Técnico Servicio Generales /GAD Municipal

Figura 5-3. Especialistas administradores del mantenimiento.

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

3.1.2.3 *Priorización.* La tercera etapa del método AHP, es la priorización de los criterios; inmediatamente cuando se finalizó con las encuestas a los especialistas y desarrolló los instrumentos, se prosigue a tabular los datos mediante una matriz de comparación pareada, como se evidencia en la **Figura 3-7**, que es la valoración de criterios del primer especialista técnico de mantenimiento. La cual tiene que cumplir ciertas propiedades como:

- Reciprocidad
- Homogeneidad
- Consistencia

Para cumplir con la primera propiedad de reciprocidad la matriz debe cumplir con el siguiente enunciado si $a_{ij} = x$; $a_{ji} = 1/x$

Para verificar la segunda propiedad de homogeneidad; si los elementos i y j son considerados igualmente importantes entonces $a_{ij} = a_{ji} = 1$

MATRIZ DE COMPARACION PAREADA							
ESP1	OM	RH	CE	PC	TM	MI	
OM	1	3	3	5	7	3	
RH	1/3	1	3	5	3	3	
CE	1/3	1/3	1	1	2	1	
PC	1/5	1/5	1	1	5	3	
TM	1/7	1/3	1/2	1/5	1	1	
MI	1/3	1/3	1	1/3	1	1	
TOTAL	2,34	5,20	9,50	12,53	19,00	12,00	

Figura 6-3. Matriz de comparación pareada - Especialista técnico de mantenimiento

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

Para obtener el Ratio de consistencia se normaliza la matriz de comparación pareada, la cual se consigue dividiendo cada valor para la sumatoria total de su columna.

MATRIZ NORMALIZADA							
ESP1	OM	RH	CE	PC	TM	MI	
OM	0,4268	0,5769	0,3158	0,3989	0,3684	0,2500	
RH	0,1423	0,1923	0,3158	0,3989	0,1579	0,2500	
CE	0,1423	0,0641	0,1053	0,0798	0,1053	0,0833	
PC	0,0854	0,0385	0,1053	0,0798	0,2632	0,2500	
TM	0,0610	0,0641	0,0526	0,0160	0,0526	0,0833	
MI	0,1423	0,0641	0,1053	0,0266	0,0526	0,0833	

Figura 7-3. Matriz normalizada del especialista uno.

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

Una vez obtenida la matriz normalizada se consigue la matriz promedio (promedio de cada fila), la cual multiplicando con la matriz de comparación pareada obtenemos el vector fila total.

MATRIZ PROMEDIO		VECTOR FILA TOTAL		VECTOR COCIENTE					
						IA(6)	1,252	←	6
0,3895		2,71480029		6,97026334					
0,2429		1,74965526		7,20415811					
0,0967		0,63337163		6,55182803		IC	0,118571087	←	
0,1370		0,87194187		6,36426296					
0,0549		0,34630542		6,30348944		RC	0,094705	←	9%
0,0790		0,48709564		6,16313072					
			$\lambda_{m\acute{a}x} =$	6,59285543					

Figura 8-3. Ratio de consistencia

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

Para la obtención del vector cociente que se muestra en la **Figura 3-9** se divide cada resultado del vector fila total para cada resultado del vector promedio, consecuentemente para conocer el Ratio de consistencia se aplica la **Ecuación 2**, donde el Índice de consistencia (IC) se la obtiene de la **Ecuación 1**, donde $\lambda_{m\acute{a}x}$ es el promedio del vector cociente.

El índice aleatorio (IA) que para el caso es de tamaño $n=6$ se obtiene de la **Tabla 2-4**, que es igual a 1,252. Obteniendo así el porcentaje de ratio de consistencia para la valoración realizada por el primer especialista técnico de mantenimiento.

Este método aporta un resultado valioso, al momento de realizar la evaluación a los expertos, si la valoración expresó inconsistencia, debe ser rechazada, o de otro modo habrá que indicarle que no está cumpliendo con el ratio de consistencia admisible por el método.

Dependiendo del tamaño de la matriz de comparación pareada el método ha definido que para matrices de tamaño cinco o mayores como es el caso, se deben aceptar un máximo en su ratio de consistencia del 10% de acuerdo con la **Tabla 2-5**.

Tabla 3-3. Ratios de consistencia de los especialistas.

RATIOS DE CONSISTENCIA	ESPECIALISTAS DOCENTES																	
	DOC1	DOC2	DC3	DC4	DOC5	DOC6	DOC7	DC8	DC9	DC10	DC11	DOC12	DOC13					
	3%	8%	9%	10%	8%	4%	9%	4%	8%	9%	10%	5%	9%					
	ESPECIALISTAS TÉCNICOS DE MANTENIMIENTO																	
	ESP1		ESP2		ESP3		ESP4		ESP5		ESP6		ESP7		ESP8			
	9%		8%		5%		6%		9%		6%		8%		6%			
	ESPECIALISTAS ADMINISTRADORES																	
	ADM1		ADM2		ADM3		ADM4		ADM5		ADM6		ADM7		ADM8		ADM9	
	9%		6%		6%		9%		9%		9%		9%		8%		0%	

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

Una vez analizada cada matriz de comparación y cumpliendo con el porcentaje máximo de consistencia, se procede a calcular los vectores propios los cuales determinan los pesos de los criterios y subcriterios según la valoración dada por cada especialista.

Para el cálculo de los vectores propios se realizó la multiplicación de la matriz de comparación pareada, por la misma matriz, obteniendo así la matriz primer producto, el cual sumando sus filas obtenemos el vector suma, donde cada valor se divide para la suma total de dicho vector dando como resultado la matriz vector propio.

Este procedimiento se lo repetirá hasta que obtengamos el vector propio **n**, comparado con el vector propio **n-1**, sean iguales en sus cuatro decimales como se presenta en la **Tabla 4-3**, en ésta se muestra el cálculo del vector propio de un especialista, éste proceso se realizó para los demás especialistas, la información que al final se considera es el del vector propio del cuarto producto para este caso.

Tabla 4-3. Cálculo vector propio.

MATRIZ DE COMPARACION PAREADA							
ESP1	OM	RH	CE	PC	TM	MI	
OM	1	3	3	5	7	3	
RH	1/3	1	3	5	3	3	
CE	1/3	1/3	1	1	2	1	
PC	1/5	1/5	1	1	5	3	
TM	1/7	1/3	1/2	1/5	1	1	
MI	1/3	1/3	1	1/3	1	1	

MATRIZ DE COMPARACION PAREADA							
ESP1	OM	RH	CE	PC	TM	MI	
OM	1	3	3	5	7	3	
RH	1/3	1	3	5	3	3	
CE	1/3	1/3	1	1	2	1	
PC	1/5	1/5	1	1	5	3	
TM	1/7	1/3	1/2	1/5	1	1	
MI	1/3	1/3	1	1/3	1	1	

PRIMER PRODUCTO							
ESP1	OM	RH	CE	PC	TM	MI	
OM	6,00	11,33	26,50	30,40	57,00	40,00	
RH	4,10	6,00	16,50	16,27	42,33	28,00	
CE	1,60	2,87	6,00	6,07	13,33	9,00	
PC	2,51	4,00	8,70	6,00	17,00	13,20	
TM	0,94	1,64	3,63	3,61	6,00	4,53	
MI	1,32	2,40	4,83	5,20	9,00	6,00	

VECTOR SUMA	VECTOR PROPIO 1
171,23	0,40403916
113,20	0,26709349
38,86	0,09170161
51,41	0,12131634
20,34	0,04880215
28,75	0,06784736
423,80	1

PRIMER PRODUCTO							
ESP1	OM	RH	CE	PC	TM	MI	
OM	6,00	11,33	26,50	30,40	57,00	40,00	
RH	4,10	6,00	16,50	16,27	42,33	28,00	
CE	1,60	2,87	6,00	6,07	13,33	9,00	
PC	2,51	4,00	8,70	6,00	17,00	13,20	
TM	0,94	1,64	3,63	3,61	6,00	4,53	
MI	1,32	2,40	4,83	5,20	9,00	6,00	

PRIMER PRODUCTO							
ESP1	OM	RH	CE	PC	TM	MI	
OM	307,39	522,78	1169,64	1123,94	2393,91	1695,24	
RH	193,03	331,20	736,99	718,40	1489,96	1054,74	
CE	70,53	120,17	270,28	262,97	556,51	392,60	
PC	93,80	160,91	362,51	360,36	751,45	526,26	
TM	38,80	65,97	148,68	144,01	309,21	217,97	
MI	54,90	93,14	210,49	203,44	437,72	308,92	

VECTOR SUMA	VECTOR PROPIO 2
7212,89	0,40259167
4524,32	0,25277196
1675,05	0,09347763
2255,30	0,12602778
924,64	0,05165913
1308,62	0,07311183
17898,81	1

SEGUNDO PRODUCTO							
ESP1	OM	RH	CE	PC	TM	MI	
OM	307,39	522,78	1169,64	1123,94	2393,91	1695,24	
RH	193,03	331,20	736,99	718,40	1489,96	1054,74	
CE	70,53	120,17	270,28	262,97	556,51	392,60	
PC	93,80	160,91	362,51	360,36	751,45	526,26	
TM	38,80	65,97	148,68	144,01	309,21	217,97	
MI	54,90	93,14	210,49	203,44	437,72	308,92	

SEGUNDO PRODUCTO							
ESP1	OM	RH	CE	PC	TM	MI	
OM	307,39	522,78	1169,64	1123,94	2393,91	1695,24	
RH	193,03	331,20	736,99	718,40	1489,96	1054,74	
CE	70,53	120,17	270,28	262,97	556,51	392,60	
PC	93,80	160,91	362,51	360,36	751,45	526,26	
TM	38,80	65,97	148,68	144,01	309,21	217,97	
MI	54,90	93,14	210,49	203,44	437,72	308,92	

TERCER PRODUCTO							
ESP1	OM	RH	CE	PC	TM	MI	
OM	569275,96	971065,75	2181152,57	2123276,94	4492519,32	3168664,12	
RH	358350,71	611296,01	1373033,05	1336721,17	2827933,41	1994562,06	
CE	131752,63	224743,75	504819,62	491451,80	1039831,18	733395,58	
PC	177314,76	302470,42	679425,14	661499,06	1399554,25	987073,44	
TM	72619,86	123872,49	278246,87	270868,63	573153,04	404248,23	
MI	102727,29	175227,71	393604,68	383163,93	810782,21	571850,04	

VECTOR SUMA	VECTOR PROPIO 3
13505954,66	0,403144201
8501896,40	0,253776228
3125994,56	0,09330856
4207327,06	0,125586349
1723009,12	0,051430759
2437355,86	0,07273553
33501547,67	1

TERCER PRODUCTO							
ESP1	OM	RH	CE	PC	TM	MI	
OM	569275,96	971065,75	2181152,57	2123276,94	4492519,32	3168664,12	
RH	358350,71	611296,01	1373033,05	1336721,17	2827933,41	1994562,06	
CE	131752,63	224743,75	504819,62	491451,80	1039831,18	733395,58	
PC	177314,76	302470,42	679425,14	661499,06	1399554,25	987073,44	
TM	72619,86	123872,49	278246,87	270868,63	573153,04	404248,23	
MI	102727,29	175227,71	393604,68	383163,93	810782,21	571850,04	

CUARTO PRODUCTO							
ESP1	OM	RH	CE	PC	TM	MI	
OM	198767533872,38	3390579199721,16	7615905917759,14	7414252046301,27	15687261857457,60	11064266829737,50	
RH	1251239983752,39	2134369819258,75	479421577213,46	4667272141660,03	9875132327779,57	6964956661179,44	
CE	460045787492,11	784747814966,25	1762698441719,27	1716024831913,46	3630808711767,66	250818882270,10	
PC	619175920623,08	1056192587852,38	2372416964885,18	2309598928903,98	488670790639,37	3446607785018,43	
TM	253568914410,65	432538796861,55	971567488024,37	945841837533,19	200123606900,70	1411477035025,47	
MI	358695716272,54	611864486206,24	1374368371611,67	133797157163,83	2830925892052,94	196659437894,02	

VECTOR SUMA	VECTOR PROPIO 4
471594238461,03	0,403494
2987380262531,93	0,2537896
109151907021,82	0,0933083
1460969979521,40	0,1255883
616130140541,94	0,0514257
851049081210,18	0,0727397
11697864742200,13	1

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

Una vez realizado este procedimiento para obtener los vectores propios de todos los especialistas, como se observa en la **Tabla 4-3** se tabulan los resultados correspondientes de cada grupo de especialistas como se representa en las tablas, **Tabla 5-3**, **Tabla 6-3**, **Tabla 7-3**.

Tabla 5-3. Vectores propios de los docentes.

VECTORES PROPIOS ESPECIALISTAS DOCENTES															
CRITERIOS	DOC1	DOC2	DOC3	DOC4	DOC5	DOC6	DOC7	DOC8	DOC9	DOC10	DOC11	DOC12	DOC13	AGREGACIÓN	NORMALIZACIÓN
OM	0,28	0,32	0,23	0,41	0,45	0,26	0,26	0,40	0,48	0,09	0,28	0,36	0,17	0,28	0,3198
RH	0,10	0,32	0,36	0,16	0,16	0,38	0,17	0,15	0,14	0,14	0,33	0,11	0,13	0,18	0,2080
CE	0,24	0,11	0,10	0,12	0,20	0,03	0,19	0,20	0,17	0,22	0,03	0,10	0,09	0,12	0,1319
PC	0,22	0,08	0,17	0,23	0,09	0,18	0,27	0,12	0,05	0,47	0,13	0,15	0,48	0,17	0,1900
TM	0,08	0,08	0,07	0,03	0,06	0,03	0,07	0,08	0,06	0,03	0,08	0,21	0,05	0,06	0,0691
MI	0,08	0,09	0,08	0,04	0,05	0,12	0,03	0,06	0,11	0,05	0,15	0,08	0,08	0,07	0,0812
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,8821	1

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

Tabla 5-3. Vectores propios de los técnicos.

VECTORES PROPIOS ESPECIALISTAS TÉCNICOS											
CRITERIOS	ESP1	ESP2	ESP3	ESP4	ESP5	ESP6	ESP7	ESP8	AGREGACIÓN	NORMALIZACIÓN	
OM	0,40	0,38	0,36	0,35	0,50	0,09	0,04	0,33	0,24	0,288	
RH	0,25	0,18	0,19	0,25	0,25	0,31	0,05	0,30	0,20	0,240	
CE	0,09	0,24	0,19	0,12	0,09	0,31	0,08	0,14	0,14	0,169	
PC	0,13	0,07	0,13	0,17	0,08	0,21	0,13	0,13	0,12	0,146	
TM	0,05	0,08	0,07	0,04	0,05	0,03	0,18	0,05	0,06	0,072	
MI	0,07	0,05	0,06	0,06	0,05	0,04	0,52	0,05	0,07	0,085	
	1	1	1	1	1	1	1	1	0,8351	1,000	

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

Tabla 6-3. Vectores propios de los administradores.

VECTORES PROPIOS ESPECIALISTAS ADMINISTRADORES											
CRITERIOS	ADM1	ADM2	ADM3	ADM4	ADM5	ADM6	ADM7	ADM8	ADM9	AGREGACIÓN	NORMALIZACIÓN
OM	0,22	0,30	0,31	0,23	0,36	0,17	0,18	0,38	0,17	0,25	0,267
RH	0,13	0,24	0,12	0,19	0,14	0,21	0,12	0,17	0,17	0,16	0,176
CE	0,10	0,13	0,09	0,35	0,12	0,26	0,12	0,25	0,17	0,16	0,173
PC	0,42	0,12	0,31	0,13	0,28	0,20	0,32	0,11	0,17	0,20	0,222
TM	0,08	0,04	0,07	0,08	0,05	0,07	0,11	0,04	0,17	0,07	0,075
MI	0,05	0,17	0,09	0,03	0,05	0,08	0,16	0,06	0,17	0,08	0,087
	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,92	1

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

Al terminar de aplicar el método se requiere determinar un vector propio, se realiza la agregación de éstos vectores propios a través de la media geométrica, luego se hace la normalización del vector propio y se obtienen los pesos en porcentaje.

	CRITERIOS DE MANTENIMIENTO JERARQUIZADOS	DOCENTES	ESPECIALISTAS	ADMINISTR	AGREGACIÓN	NORMALIZACIÓN	PORCENTAJE
OM	Organización general del mantenimiento	0,319846198	0,287569678	0,26701218	0,29067328	0,292550265	29%
RH	Recursos humanos de mantenimiento	0,207952164	0,239906932	0,17563623	0,20616113	0,207492385	21%
CE	Control económico de mantenimiento	0,1318746	0,168936995	0,17309702	0,15681653	0,157829148	16%
PC	Planificación, programación y control	0,190021996	0,146125899	0,22235309	0,18345297	0,18463759	18%
TM	Tercerización de mantenimiento	0,069085432	0,072411505	0,07533671	0,07223265	0,072699085	7%
MI	Manejo de inventario para mantenimiento	0,08121961	0,085048991	0,08656477	0,08424751	0,084791527	8%
SUMATORIA		1	1	1	0,99358408	1	100%

Figura 9-3. Ponderación de criterios.

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

En el **Gráfico 1-3** se observa la valoración de cada uno de los grupos encuestados los cuales tuvieron un consenso en los criterios, coincidieron que la organización general del mantenimiento es lo más importante. El mismo procedimiento que se aplicó para los criterios debe ser aplicado para cada sub-criterio, cabe señalar que en el caso de los sub-criterio, una vez conseguidos sus pesos, estos deberán ser multiplicados por la ponderación del criterio que contiene al sub-criterio correspondiente.

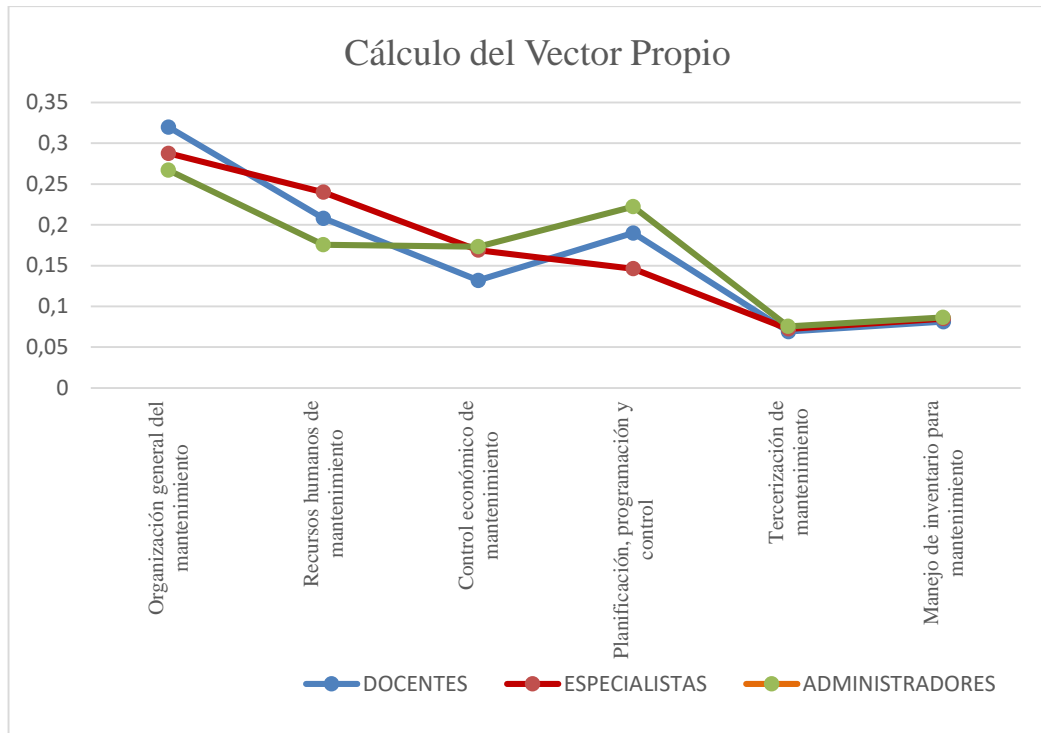


Gráfico 1-3. Vectores propios grupo de especialistas.

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

Finalizada la metodología se han obtenido los pesos de los criterios y subcriterios los cuales son identificados con su código como se representa en la **Tabla 8-3**.

Tabla 7-3. Pesos de los criterios – subcriterios.

REQUERIMIENTOS		PESO	SUBCRITERIOS DE EVALUACION		FACTOR
OM	Organización general del mantenimiento	29%	OM1	Políticas de mantenimiento	0,5000
			OM2	Herramienta informática para la gestión de mantenimiento	0,5000
RH	Recursos humanos de mantenimiento	21%	RH1	Formación profesional	0,4338
			RH2	Capacitación y entrenamiento	0,3745
			RH3	Cantidad de personal de mantenimiento	0,1859

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

Tabla 8-3. Continuación de la Tabla 3-8.

CE	Control económico de mantenimiento	16%	CE1	Presupuesto de mantenimiento	0,5000
			CE2	Porcentaje de cumplimiento de presupuesto ejecutado	0,5000
PC	Planificación, programación y control	18%	PC1	Inventario jerárquico y codificado de instalaciones a mantener.	0,2190
			PC2	Plan de mantenimiento	0,2688
			PC3	Programación de actividades de mantenimiento	0,1796
			PC4	Documentos de mantenimiento	0,1406
			PC5	Control de la ejecución del mantenimiento planificado	0,1768
TM	Tercerización de mantenimiento	7%	TM1	Política de contratación	0,3254
			TM2	Especificaciones técnicas de los trabajos	0,3207
			TM3	Supervisión de los trabajos de mantenimiento	0,3425
MI	Manejo de inventario para mantenimiento	8%	MI1	Maestro de ítems	0,3345
			MI2	Control de existencias	0,3597
			MI3	Inventario valorado de ítems	0,2737
TOTAL		100%			

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

3.1.3 Definición del método de evaluación

Cumpliendo con las dos etapas anteriores finalmente se define el desarrollo del instrumento para la evaluación de la gestión del mantenimiento, el cual tiene dos fases:

3.1.3.1 *Definición de los componentes de los criterios de evaluación.* Estas fichas de evaluación permiten tener una valoración del desempeño de cada criterio y su respectivo subcriterio. Según (QUESADA, 2015) define una estructura que debe mantener estas fichas:

- Criterios
- Subcriterios de evaluación
- Sistema de evaluación.

Teniendo definido los dos primeros aspectos, el sistema de evaluación debe contener: el objetivo del criterio, el método que se utilizará, el tipo de evaluación, la evidencia que va a solicitar, los niveles de referencia, las exigencias y la puntuación que se asignará como se evidencia en la **Figura 3-10**, que es el instrumento del primer subcriterio “políticas de mantenimiento” el resto de instrumentos evaluados los cuales nos sirven para determinar el desempeño del DMDF se demuestran en el **Anexo A**.

Criterio de evaluación:	OM1: Políticas de mantenimiento		
Objetivo:	Establecer un compromiso por parte de todos los involucrados para impulsar la conservación del edificio a través del mantenimiento.		
Método de evaluación:	Se evalúan las evidencias físicas a través de documentos impresos o digitales que demuestren la disposición de políticas de mantenimiento.	Tipo de evaluación:	Características
Niveles de referencia	Exigencias del criterio	Puntuación	Valoración
Deficiente	No se dispone.	0	
Poco satisfactorio	Documento con la política de mantenimiento.	0,35	
Cuasi satisfactorio	Documento actualizado en los últimos 5 años	0,7	
Satisfactorio	Se está aplicando la política de mantenimiento.	1	X
Comentario: Se asignará la puntuación respectiva de cada nivel, al cumplimiento de todas las exigencias.			
Elaborado por: Ing. Sergio Villacrés e Ing. Mayra Viscaíno			
Evidencia:			

Figura 10-3 Instrumento de evaluación

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

Cabe indicar que para desarrollar el instrumento de evaluación se debe realizar en un orden determinado, en caso de tener el nivel de referencia satisfactorio y no cumplir con el cuasi satisfactorio, el nivel satisfactorio no se tomará en cuenta y se tomará el valor del nivel anterior del cual se tenga evidencias físicas. Se presenta un ejemplo en la **Figura 11-3**.

Criterio de evaluación:	MI2: Control de existencias de bodega		
Objetivo:	Verificar que se cuenta con un correcto control de existencias de los ítems de bodega.		
Método de evaluación:	Se evalúan las evidencias físicas a través de documentos impresos o digitales, solicitar el Kardex de la bodega que se evalúa.	Tipo de evaluación:	Características
Niveles de referencia	Exigencias del criterio	Puntuación	Valoración
Deficiente	No se cuenta con un control de existencias	0	
Poco satisfactorio	Se cuenta con control de existencias en la bodega principal.	0,35	
Cuasi satisfactorio	Se cuenta con control de existencias en las sub-bodegas que se forman en el departamento de mantenimiento.	0,70	
Satisfactorio	Se hacen tomas físicas periódicas para constatar las existencias declaradas.	1	X
Comentarios: Se asignará la puntuación respectiva de cada nivel, al cumplimiento de todas las exigencias.			
Elaborado por: Ing. Sergio Villacrés e Ing. Mayra Viscaíno			

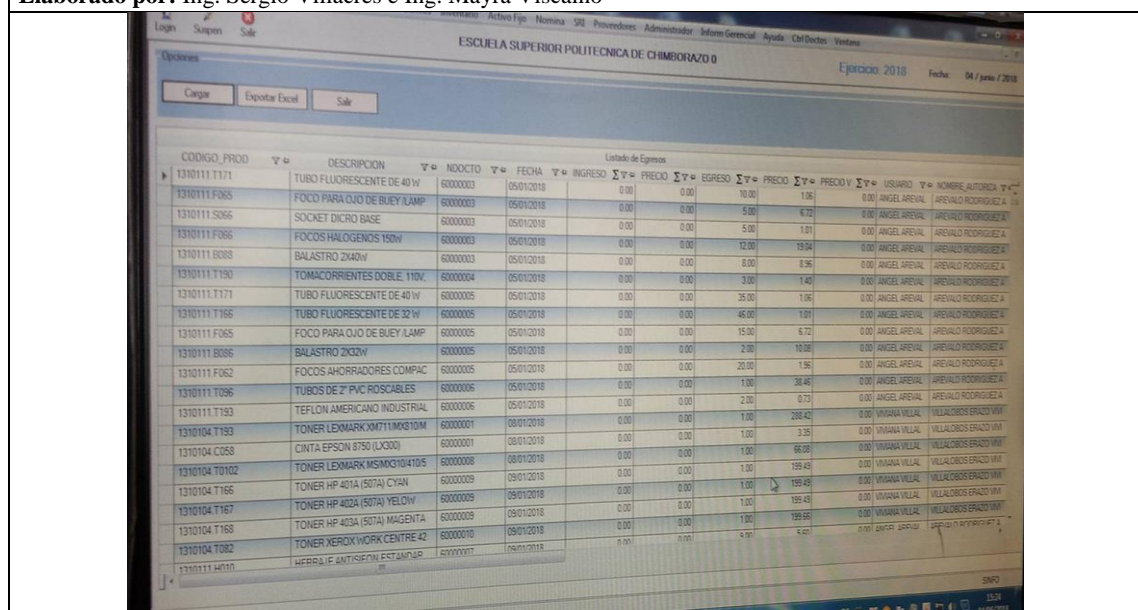


Figura 10-3. MI2: Control de existencias

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”

3.1.3.2 *Umbral de desempeño.* Mediante los resultados del umbral de desempeño que se evidencian en la **Figura 12-3**, se obtiene la **Tabla 10-3** que son los rangos de valoración de desempeño, que permite determinar una estimación de la práctica de la gestión del Mantenimiento que realiza el DMDF en la ESPOCH; por lo que se puede ubicar en la Gestión del Mantenimiento en un nivel, los rangos de valoración son:

Tabla 9-3. Rangos de valoración para evaluación de la Gestión del Mantenimiento.

NIVEL	RANGOS
Deficiente	0
Poco Satisfactorio	1-35
Cuasi Satisfactorio	36- 70
Satisfactorio	71 - 100

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

3.1.3.3 *Resultados de la evaluación de la Gestión de Mantenimiento del DMDF de la ESPOCH.*

Tabla 10-3. Resultado evaluación, nivel de desempeño obtenido del DMDF.

CRITERIOS	DESEMPEÑO EXIGIDO	DEFICIENTE	POCO SATISFACTORIO	CUASI SATISFACTORIO	SATISFACTORIO	DESEMPEÑO OBTENIDO
Organización general del mantenimiento	29%	0,00	5,12	10,24	14,63	15%
Recursos humanos de mantenimiento	21%	0,00	7,22	14,44	3,86	12%
Control económico de mantenimiento	16%	0,00	2,76	5,52	0,00	4%
Planificación, programación y control	18%	0,00	6,36	12,73	8,23	13%
Tercerización de mantenimiento	7%	0,00	1,69	3,37	0,00	2%
Manejo de inventario para mantenimiento	8%	0,00	2,87	5,75	8,21	8%
TOTAL	100%					55%

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

REQUERIMIENTOS		PESO	SUBCRITERIOS DE EVALUACION		FACTOR	NIVEL DE DESEMPEÑO											
						Deficiente			Poco satisfactorio		Cuasi satisfactorio		Satisfactorio				
OM	Organización general del mantenimiento	23%	OM1	Políticas de mantenimiento	0,5000	0	0	0,00	0,35	0,175	10,239	0,7	0,35	20,479	1	0,5	29,255
			OM2	Herramienta informática para la gestión de	0,5000	0	0		0,35	0,175		0,7	0,35		1	0,5	
						0			0,35			0,7			1		
RH	Recursos humanos de mantenimiento	21%	RH1	Formación profesional	0,4363	0	0		0,35	0,15271914		0,7	0,30543828		1	0,43634041	
			RH2	Capacitación y entrenamiento	0,3767	0	0	0,00	0,35	0,13184975	7,262	0,7	0,26369951	14,524	1	0,37671358	20,749
			RH3	Cantidad de personal de mantenimiento	0,1869	0	0		0,35	0,0654311		0,7	0,13086221		1	0,18694601	
						0			0,35			0,7			1		
CE	Control económico de mantenimiento	16%	CE1	Presupuesto de mantenimiento	0,5000	0	0		0,35	0,175		0,7	0,35		1	0,5	
			CE2	Porcentaje de cumplimiento de presupuesto ejecutado	0,5000	0	0	0,00	0,35	0,175	5,524	0,7	0,35	11,048	1	0,5	15,783
						0			0,35			0,7			1		
PC	Planificación, programación y control	18%	PC1	Inventario jerárquico y codificado de instalaciones a mantener	0,2224	0	0		0,35	0,07782538		0,7	0,15565076		1	0,22235822	
			PC2	Plan de mantenimiento	0,2730	0	0		0,35	0,09554284		0,7	0,19108568		1	0,27297954	
			PC3	Programación de actividades de mantenimiento	0,1823	0	0	0,00	0,35	0,0638223	6,462	0,7	0,1276446	12,925	1	0,18234943	18,464
			PC4	Documentos de mantenimiento	0,1428	0	0		0,35	0,04998662		0,7	0,09997323		1	0,14281891	
			PC5	Control de la ejecución del mantenimiento planificado	0,1795	0	0		0,35	0,06282286		0,7	0,12564573		1	0,1794939	
						0			0,35			0,7			1		
TM	Tercerización de mantenimiento	7%	TM1	Política de contratación	0,3291	0	0		0,35	0,11519775		0,7	0,2303955		1	0,32913643	
			TM2	Especificaciones técnicas de los trabajos	0,3244	0	0	0,00	0,35	0,11354028	2,544	0,7	0,22708057	5,088936	1	0,32440081	7,270
			TM3	Supervisión de los trabajos de mantenimiento	0,3465	0	0		0,35	0,12126196		0,7	0,24252393		1	0,34646275	
						0			0,35			0,7			1		
MI	Manejo de inventario para mantenimiento	8%	MI1	Maestro de ítems	0,3456	0	0		0,35	0,12095571		0,7	0,24191143		1	0,34558775	
			MI2	Control de existencias	0,3716	0	0	0,00	0,35	0,13006621	2,968	0,7	0,26013242	5,9354069	1	0,37161775	8,479
			MI3	Inventario valorado de ítems	0,2828	0	0		0,35	0,09897808		0,7	0,19795615		1	0,2827945	
						0			0,35			0,7			1		
		100%	VALORES DE UMBRAL DE DESEMPEÑO:			0,00			35		70		100				

Figura 11-3. Umbral de desempeño

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

REQUERIMIENTOS	PESO	SUBCRITERIOS DE EVALUACION		FACTOR	NIVEL DE DESEMPEÑO											
					Deficiente			Poco satisfactorio			Cuasi satisfactorio			Satisfactorio		
OM	Organización general del mantenimiento	29%	OM1	Políticas de mantenimiento	0,5000	0	0	0,00	0,35	0,175	5,120	0,7	0,35	1	0,5	14,628
			OM2	Herramienta informática para la gestión de mantenimiento	0,5000	0	0	0,00	0	0	5,120	0	0	10,239	0	
						0			0,175			0,35		0,5		
RH	Recursos humanos de mantenimiento	21%	RH1	Formación profesional	0,4338	0	0	0,00	0,35	0,1518308	7,220	0,7	0,303661601	0	0	3,856
			RH2	Capacitación y entrenamiento	0,3745	0	0	0,00	0,35	0,131082805	7,220	0,7	0,26216561	0	0	
			RH3	Cantidad de personal de mantenimiento	0,1859	0	0	0,00	0,35	0,065050503	7,220	0,7	0,130101006	1	0,18585858	
						0			0,347964108			0,695928216		0,18585858		
CE	Control económico de mantenimiento	16%	CE1	Presupuesto de mantenimiento	0,5000	0	0	0,00	0,35	0,175	2,762	0,7	0,35	0	0	0,000
			CE2	Porcentaje de cumplimiento de presupuesto ejecutado	0,5000	0	0	0,00	0	0	2,762	0	0	5,524	0	
						0			0,175			0,35		0		
PC	Planificación, programación y control	18%	PC1	Inventario jerárquico y codificado de instalaciones	0,2190	0	0	0,00	0,35	0,076636805	6,364	0,7	0,153273611	0	0	8,227
			PC2	Plan de mantenimiento	0,2688	0	0	0,00	0,35	0,094083682	6,364	0,7	0,188167363	1	0,268810519	
			PC3	Programación de actividades de mantenimiento	0,1796	0	0	0,00	0,35	0,062847586	6,364	0,7	0,125695173	0	0	
			PC4	Documentos de mantenimiento	0,1406	0	0	0,00	0,35	0,049223207	6,364	0,7	0,098446413	0	0	
			PC5	Control de la ejecución del mantenimiento planificado	0,1768	0	0	0,00	0,35	0,061863415	6,364	0,7	0,12372683	1	0,176752614	
						0			0,344654695			0,689309389		0,445563133		
TM	Tercerización de mantenimiento	7%	TM1	Política de contratación	0,3254	0	0	0,00	0	0	1,687	0	0	0	0	0,000
			TM2	Especificaciones técnicas de los trabajos	0,3207	0	0	0,00	0,35	0,112242682	1,687	0,7	0,224485364	0	0	
			TM3	Supervisión de los trabajos de mantenimiento	0,3425	0	0	0,00	0,35	0,119876113	1,687	0,7	0,239752226	0	0	
						0			0,232118795			0,46423759		0		
MI	Manejo de inventario para mantenimiento	8%	MI1	Maestro de ítems	0,3345	0	0	0,00	0,35	0,117076853	2,873	0,7	0,234153705	1	0,334505293	8,207
			MI2	Control de existencias	0,3597	0	0	0,00	0,35	0,125895192	2,873	0,7	0,251790384	1	0,359700549	
			MI3	Inventario valorado de ítems	0,2737	0	0	0,00	0,35	0,095804004	2,873	0,7	0,191608008	1	0,273725725	
						0			0,338776049			0,677552097		0,967931568		
		100%	VALORES DE UMBRAL DE DESEMPEÑO:			0,00			26,02526747			52,05053494			34,91794713	

Figura 12-3. Evaluación del desempeño de la gestión del mantenimiento al DMDF

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.



Gráfico 2-3. Nivel de cumplimiento DMDF

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

La valoración que obtuvo el DMDF de la ESPOCH se muestra en el **Gráfico 3-2** los cuales reflejan que no cumple con el nivel exigido (color rojo), y el desempeño obtenido por la evaluación (color celeste). La evaluación ejecutada al DMDF se la encuentra en el **Anexo A**.

Para cada laboratorio de la facultad de Mecánica se realizó la evaluación, lo cual permitió determinar el nivel de desempeño de cada uno, como se representa en el **Gráfico 3-3** esto lo encontramos en el **Anexo B**

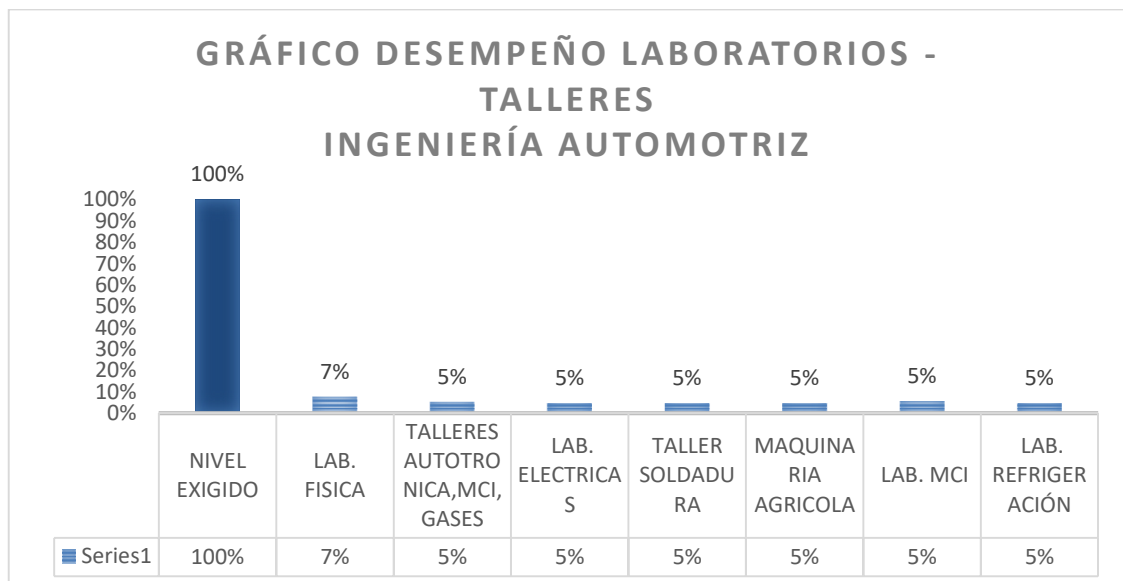


Gráfico 3-3 Desempeño Laboratorios de la facultad de Mecánica

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

3.2 Aplicación de la Metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

3.2.1 Definición de codificación e inventario técnico

Un código podemos definirlo como el conjunto de signos o caracteres que contienen o transmiten información. Basándonos en la norma (ISO14224, 2006) se realizó el inventario técnico de equipos e infraestructura, se presenta el inventario completo de la infraestructura civil y los equipos de los diferentes niveles en forma completa en el **Anexo C – Anexo D** respectivamente:

- Primer nivel: Localización: Facultad de Mecánica.

Código de Localización	Descripción de la Infraestructura
M	FACULTAD DE MECÁNICA

Figura 13-3. Primer nivel - localización (equipos civil y físico).

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

- Segundo nivel: Infraestructura: Edificios, talleres, laboratorios y bodegas.

Código de Localización	Código de Infraestructura	Descripción de la Infraestructura
M	18	EDIFICIO M18: CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
M	9	EDIFICIO M9: BLOQUE DE AULAS CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
M	1	EDIFICIO M01: TALLERES CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
M	31	EDIFICIO M31: TALLER BÁSICO DE SOLDADURA
M	16	EDIFICIO M16: OFICINAS DE DOCENTES DE LA FACULTAD DE MECÁNICA
M	30	EDIFICIO M30: BODEGA DE MATERIALES DEL TALLER DE SOLDADURA

Figura 14-3. Segundo nivel - listado de edificios (equipos civiles)

Fuente: Fernández Jandry; Philco David.

Código de Localización	Código de Infraestructura	Descripción de la Infraestructura
M	L050	LABORATORIO DE FÍSICA
M	L055	LABORATORIO DE ELÉCTRICAS
M	L060	LABORATORIO DE MEDICIÓN DE GASES DE MCI
M	L065	TALLER DE MANTENIMIENTO DE MECÁNICA DE PATIO

Figura 15-3. Segundo nivel -listado de laboratorios (equipos de laboratorio o taller).

Fuente: Fernández Jandry; Philco David.

- Tercer nivel: Sistemas: Áreas de cada edificio, taller, aulas, laboratorio y bodega.

Código de Localización	Código de Infraestructura	Código de Sistema	Descripción de la Infraestructura
M	18	002	OFICINA DE CONSERJE
M	18	004	SALÓN LAMBORGHINI
M	18	006	SALA 1 DE PROFESORES
M	18	008	LABORATORIO DE CÓMPUTO

Figura 16-3. Tercer nivel – Áreas arquitectónicas

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

Código de Localización	Código de Infraestructura	Código de Sistema	Descripción del Sistema
M	18	001	Carril de viento del Laboratorio de física
M	18	002	Generador de viento del Laboratorio de física
M	18	003	Electroiman del Laboratorio de física
M	18	004	Generador de frecuencia del Laboratorio de física

Figura 17-3. Tercer nivel – sistemas (equipos de laboratorio o taller).

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

- Cuarto nivel: Equipos: Se considera tomacorrientes, lámparas, sensores, interruptor, tipo de piso, tipos de pared, tipo de techo, cielo, ventanas y puertas. Se evidencia en el **Anexo C**

Código de Localización	Código de Infraestructura	Código de Sistema	Familia de Equipo	Tipo de equipo	Número de equipos	Clase de equipo	Descripción de los componentes
M	18	002	C	CU	1	2	Oficina conserje del edificio M18
M	18	002	E	IN	1	1	Interruptor de la Oficina conserje
M	18	002	E	TM	1	1	Tomacorriente de la Oficina conserje
M	18	002	C	CU	1	6	Salón Lamborghini

Figura 18-3. Cuarto nivel – equipos (equipos civiles).

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

Código de Localización	Código de Infraestructura	Código de Sistema	Familia de Equipo	Tipo de equipo	Código de equipo	Descripción de los componentes
M	L050	001	M	CM	1	Carril de viento 1 del laboratorio
M	L050	001	M	CM	2	Carril de viento 2 del laboratorio
M	L050	001	M	CM	3	Carril de viento 3 del laboratorio
M	L050	001	M	CM	4	Carril de viento 4 del laboratorio

Figura 19-3. Cuarto nivel – equipos (equipos de laboratorio o taller).

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

Hasta el cuarto nivel llegan los equipos de laboratorio, para los activos civiles se ha llegado hasta el nivel de componentes, se ha establecido diferentes códigos para cada ítem de los niveles diferenciando los civiles de los físicos. La evidencia se encuentra en el **Anexo D**

Cada equipo se diferencia por tener su código de infraestructura el cuál identifica el laboratorio, taller u oficina donde se encuentre el equipo, además de tener un código de sistema el cuál es único para cada unidad. La familia que lo identifica por si es un activo mecánico, eléctrico, instrumentación, hidráulico, etc. Es representado por una letra y

seguido del código de equipo que el lanzado por el software se representa en la **Tabla 12-3**.

Tabla 11-3. Código de tipos de equipos.

FAMILIA	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
E	LE	Lámpara de emergencia.
	IN	Interruptores.
	TM	Tomacorrientes de 110V, 220V, y 330V.
	IL	Iluminación de lámparas con focos ahorradores.
	IL	Iluminación con lámparas diroicas Led.
	IL	Iluminación con lámparas fluorescentes.
	CB	Centro de carga.
	TC	Caja de accionamiento.
S	SH	Sensores de humo.
	SM	Sensores de movimiento.
	CV	Cámaras de vigilancia.
	EX	Extintor.
C	CU	Oficinas.
	CU	Aulas.
	CU	Laboratorios.
	CU	Bodega.
	BÑ	S.S.H.H
	CU	Salón.
	CU	Taller.
	CU	Fachada.
	HA	Hall.
	GR	Gradas.
	IA	Hidrantes.
	RB	Reloj biométrico.
	CB	Cubierta y base estructural.

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.





- Quinto nivel: Componentes: Tipos de lámparas, tipos de puertas, tipos de extintores, tipos de toma corrientes, tipos de interruptores, tipos de paredes, cielo raso o losa, etc.

Código de Localización	Código de Infraestructura	Código se Sistema	Familia de Equipo	Tipo de equipo	Código de equipo	Código del componente	Descripción de los componentes
M	18	002	C	CU	1	1	Cielo raso-losa 3.00x1.50
M	18	002	C	CU	1	2	Piso de cerámica 3.00x1.50
M	18	002	C	CU	1	3	Pared empastada y pintada
M	18	002	C	CU	1	1	l lampara convencional incas decente

Figura 20-3. Quinto nivel – componentes (equipos civiles).

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

En la **Tabla 13-3**, se encuentra un ejemplo del área del inventario técnico con la codificación propuesta y el código catastral del DMDF, donde asignado los siguientes códigos de clave catastral para los edificios de la Facultad de Mecánica:

- UA3  Unidad académica.
- N03  Denominación para la Facultad de Mecánica.
- 130  Ubicación por manzanas dentro de la ESPOCH.
- 18  Número de predio dentro de la manzana.



Se propone un código alfanumérico, como código para cada edificio como se observa en la **Tabla 14-3**.

Tabla 12-3. Código propuesto por Grupo de investigación.

CÓDIGO PROPUESTO	
M	01

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

Donde:

- M  Denominación para la Facultad de Mecánica
- 01  Número del edificio de la Facultad, que corresponde al número del predio dentro de la manzana.

Los sub números de la codificación propuesta (áreas arquitectónicas) van enumerados desde el 002 hasta el 099 representado las áreas arquitectónicas de la planta baja, desde el 100 hasta el 199 la primera planta, desde el 200 hasta el 299 la segunda planta alta y así sucesivamente.

Tabla 13-3. Áreas del EDIFICIO M18: CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ.

CÓDIGO CATASTRAL			CODIFICACIÓN PROPUESTA		DESCRIPCIÓN	
UA3N03	130	18	M	18	EDIFICIO M18: CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ	
ÁREAS ARQUITECTÓNICAS					002	OFICINA DE CONSERJE
					004	SALÓN LAMBORGHINI
					006	SALA 1 DE PROFESORES
					008	LABORATORIO DE COMPUTACIÓN
					010	ASOCIACIÓN AUTOMOTRIZ
					102	LABORATORIO DE FÍSICA 1
					104	LABORATORIO DE FÍSICA 2
					106	SALA 2 DE PROFESORES
					108	S.S.H.H
					110	AULA 110
					112	BODEGA LABORATORIOS DE FÍSICA

Fuente: Fernández Jandry; Philco David.

No todos los niveles contienen elementos o componentes, el requerimiento mínimo en el inventario es hasta el cuarto nivel. En los niveles de los equipos de los diferentes laboratorios, talleres y bodegas llegan hasta el cuarto nivel de equipos, donde por cada sistema es dividido.

3.2.2 Levantamiento de datos con sus respectivas fichas técnicas

Dentro y fuera de un edificio educativo se pueden encontrar diferentes tipos de activos, equipos y herramientas que son parte de éste. La información levantada de todos estos datos, fue in situ con una ficha provisora para constatar inquisición.


En el **Anexo E** se encuentra las fichas técnicas de los equipos civiles y en el **Anexo F** se encuentra las fichas técnicas de los equipos de laboratorio y talleres.

Tabla 14-3. Modelo de ficha técnica de equipos de laboratorio o talleres.

		REGISTRO TÉCNICO DE EQUIPOS		CÓDIGO:	
				REVISIÓN: 00	
				FECHA: 16/05/2018	
CARACTERÍSTICAS					
Máquina:	SOPLADOR				
Marca:	LEYBOLD - HERAEUS		# de serie (activo):		
Modelo:	337 51 GEBLASE BLOWER				
Código Bienes:	FAME-LF-SO01				17298
Sistema:	MRU Y MRUV				
Frecuencia de Uso:	4 días a la semana		20 - 30 veces al semestre		2 h /Día
Estado:	FUNCIONAL				
Opción del equipo: Potencia de aire regulable de 0,35 a 1,2 m3/min Presión estática: 70 - 480 Pascal (7 - 50 mm columna de agua) Tensión de conexión: 220 V ~ Energía absorbida: 20 - 60 W (depende del número de revoluciones) Fusible: (Fusible sensible) 0,315					
 					

Fuente: Fernández Jandry; Philco David.

Tabla 15-3. Modelo de ficha técnica de equipos civiles.

FICHA TÉCNICA			
ÁREA ARQUITECTÓNICA	Laboratorio de cómputo		
CÓDIGO	M18-008		
DIMENSIONES Y CAPACIDAD			
Largo	6,15	Área total, m2	57,195
Ancho	9,30	Capacidad (Personas)	15
CIELO RASO		PISO	
Tipo de cielo raso	Losa	Tipo de piso	Piso cerámica
Área de cielo raso, m2	57,195	Área de piso, m2	57,195
PAREDES			
Tipo de pared I	Empastado y pintado	Tipo de pared II	
Área de pared tipo I, m2	63	Área de pared tipo II, m2	
PUERTAS Y VENTANAS			
Nº Puertas	1	Nº Ventanas	3
Tipo de puertas	Vidrio	Tipo de ventanas	Ventiluz
Área, m2	2,2	Área, m2	14,25
ILUMINACION			
Tipo de lámpara I	Lámparas Fluorescentes 2x32 W	Tipo de lámpara II	
Nº Lámparas tipo I	8	Nº Lámparas tipo II	
INSTALACIONES			
Nº Tomacorrientes 110V	6	Nº Puntos de red	6
Nº Tomacorrientes 220V		Nº Puntos de teléfono	
Nº Tomacorrientes 330V		Nº de interruptores	3 (dobles)
DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD			
Nº Extintores	1	Nº Sensores de movimiento	
Nº Sensores de humo	1	Nº Lámparas de emergencia	
Nº Cámaras de seguridad	1	Nº Reloj biométrico	
OTROS DISPOSITIVOS			
Nº Aire acondicionado		Sistemas de audio	
			

Fuente: Fernández Jandry; Philco David.

3.2.3 Análisis de criticidad y modelos de mantenimiento

Los modelos de mantenimiento se determinan mediante el análisis de criticidad, que se ejecutó utilizando las herramientas descritas en el capítulo II - III, además una entrevista al responsable de mantenimiento del edificio, laboratoristas y jefes de taller, quienes conoce las instalaciones y los equipos, sus funciones y su frecuencia de fallas para definir de esta manera la criticidad y el modelo correspondiente según análisis de la **Figura 22-3**.

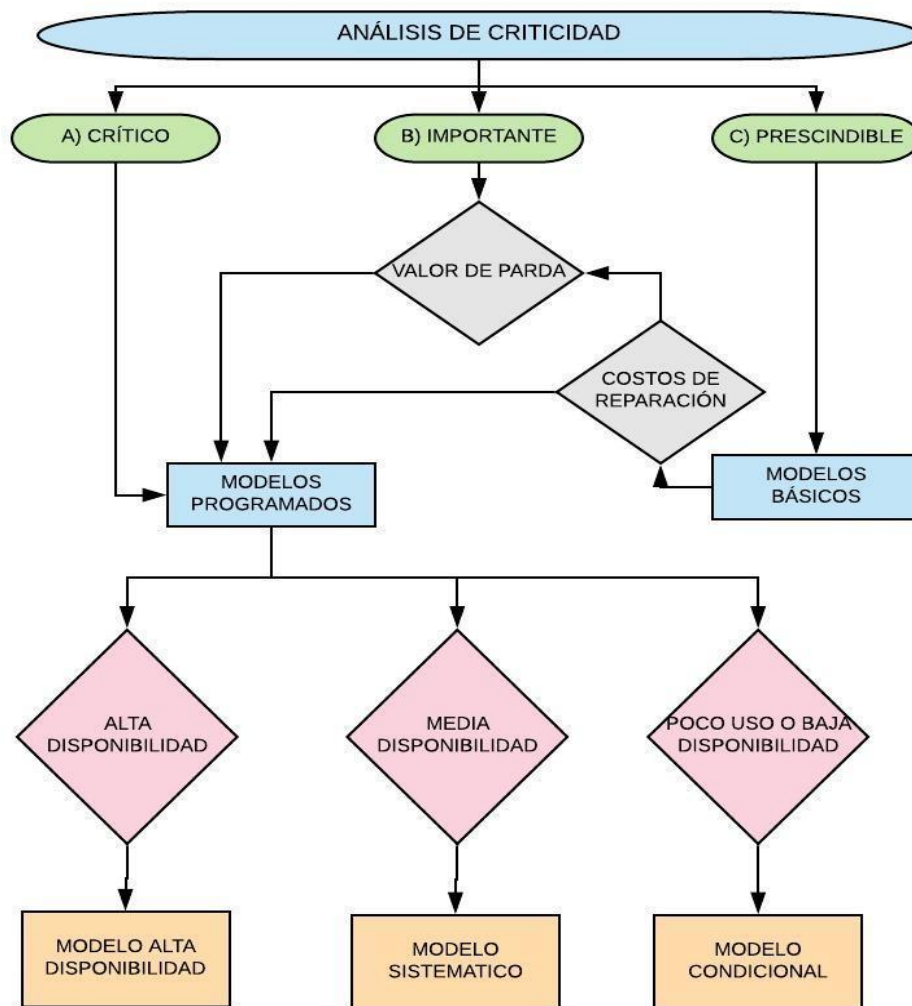


Figura 21-3. Modelos de mantenimiento según análisis de criticidad.

Fuente: Fernández Jandry; Philco David.

La criticidad del equipo es importante, ya que para definir qué tipo de modelo se aplicará se debe conocer su impacto operacional y su frecuencia de uso. En la **Figura 22-3** se muestra la matriz de criticidad de los equipos civiles y en la **Figura 23-3** se observa la tabla para evaluar la criticidad de los equipos de laboratorios y talleres.

	CATEGORÍA A	CATEGORÍA B	CATEGORÍA C
CRITICIDAD			
Medio ambiente.	Si un fallo del mismo puede provocar que la institución tenga que recurrir a dar aviso a las autoridades por problemas que pudiesen afectar a la salud de las personas y el medio ambiente.	Si un fallo del mismo provocase una contaminación o afección que pudiera gestionarse al interior de la institución.	Si un fallo del mismo no produjese ningún tipo de contaminación medio ambiental.
Seguridad.	Serán aquellos cuyos fallos puedan producir accidentes que provocan absentismo laboral temporal o permanente en el lugar de trabajo.	Podría causar daños menores a las personas, no produce ausencia.	Son activos cuyos fallos no pueden crear consecuencias relacionadas con la seguridad de las personas.
Calidad.	Serán aquellos cuyos fallos pueden producir un impacto externo, o una imagen muy negativa de la institución.	Serán aquellos cuyos fallos que produzcan una imagen negativa interna.	Serán aquellos cuyos fallos que produzcan una imagen negativa interna.
Tiempo de trabajo.	Corresponderá a esta categoría las áreas arquitectónicas utilizadas en jornada matutina, vespertina y fines de semana.	Las áreas arquitectónicas utilizadas en jornada matutina y vespertina.	Las áreas arquitectónicas utilizadas en jornada matutina.
Impacto operacional.	Cuando un fallo provoca el cierre del área y el desalojo de más de 40 usuarios.	Cuando un fallo provoca el cierre del área y el desalojo entre 20 a 40 usuarios.	Cuando un fallo provoca el cierre del área y el desalojo de menos de 20 usuarios.
Fiabilidad.	Los activos con frecuencia de fallo menor a 3 años.	Los activos con frecuencia de fallo mayor de 3 años y menor a 5 años.	Los activos con frecuencia de fallo superiores a 5 años.
Mantenibilidad.	Las áreas arquitectónicas que requieran un tiempo medio de reparación de más de 30 días a 60 días.	Las áreas arquitectónicas que requieran un tiempo medio de reparación entre 15 y 30 días.	Aquellas áreas arquitectónicas cuyo tiempo medio de reparación es inferior a 15 días.

Figura 22-3. Matriz de criticidad de los equipos civiles.

Fuente: Fernández Jandry; Philco David.

ANÁLISIS EQUIPOS				
TIPO DE EQUIPO	SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	IMPACTO OPERACIONAL	CALIDAD DEL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	MANTENIMIENTO
A) CRITICO	Puede originar un accidente muy grave	Su parada afecta en la planificación de ejecución de prácticas de laboratorio o talleres.	Es clave para la calidad del proceso enseñanza-aprendizaje	Alto costo de reparación en caso de avería
	Necesita revisiones periódicas frecuentes (de seguridad)			Averías muy frecuentes
	Ha producido accidentes en el pasado			Consumo una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra o materiales)
B) IMPORTANTE	Necesita revisiones periódicas anuales (de seguridad)	Afecta a la ejecución de prácticas pero es recuperable (no llega a afectar a los ocupantes o a la planificación)	Afecta a la calidad del proceso enseñanza-aprendizaje, pero habitualmente no es	Coste medio en mantenimiento
	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas			
C) PRESCINDIBLE	Poca influencia en la seguridad y medio ambiente	Poca influencia en la ejecución de prácticas	No afecta a la calidad del proceso enseñanza-aprendizaje	Bajo costo de mantenimiento

Figura 23-3. Matriz de criticidad de los equipos de laboratorio o taller.

Fuente: Fernández Jandry; Philco David.

A todos los equipos civiles y de laboratorio se le aplicó un modelo de mantenimiento, la mayoría de estos recaen en un modelo básico y condicional, las cuales contienen tareas asignadas como limpieza, lubricación y la más importante de inspección. La criticidad busca determinar los efectos que generan las fallas en sus funciones, ya sean estos equipos civiles o de laboratorio.

Siguiendo el diagrama de la **Figura 25-3** se puede obtener la criticidad de los equipos civiles, la misma metodología se analizó para el desarrollo de la criticidad de los equipos de laboratorio

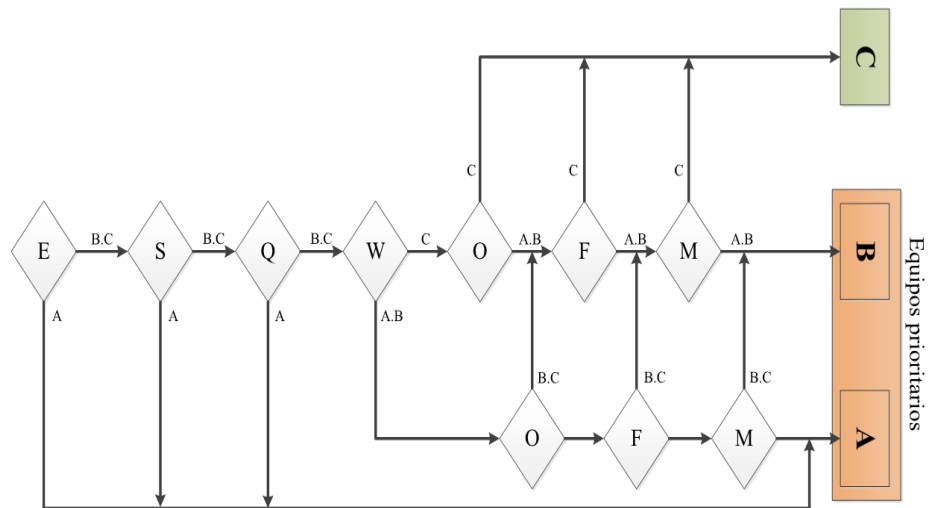


Figura 24-3. Diagrama de flujo Equipos Civiles

Fuente: Fernández Jandry; Philco David.

En el **Anexo G** se encuentran los resultados de la matriz de criticidad de los equipos civiles según cada criterio, de igual manera en el **Anexo H** los valores de la matriz de criticidad de los equipos de laboratorio y talleres.

Los sistemas más críticos encontrados en el análisis son la bomba de agua centrífuga del edificio de bloque de aulas de Ingeniería Automotriz (Edificio M09) cuya falla representa un riesgo en las funciones requeridas para la edificación, y el elevador hidráulico uno y dos del Taller de mantenimiento de mecánica de patio, que también recaen como críticos. En los activos civiles el área de Laboratorio de Computación representa un nivel prescindible.

El 59,58% de los equipos de laboratorio que fueron considerados en este análisis representan un nivel de criticidad prescindible y un 29,45% importante. En las áreas civiles recaen al 100% en un nivel prescindible, mientras los equipos eléctricos y de seguridad un 11,56 son prescindibles y el 88,43 son importantes y se aplica un modelo básico, además del 68,67% de los equipos civiles son prescindibles y un 31,32% son importantes y también reinciden en un modelo básico.

3.2.4 Plan modelo de mantenimiento de los equipos civiles y de laboratorio o taller

En el modelo se aplicó el método de la base de datos, obtenida de la base de datos del software para gestión de mantenimiento, con tareas aplicables y ejecutables, cada labor con su respectiva ruta de mantenimiento. La diversidad de tareas existentes en el software

en diferentes tipos de activos permite la amplia gama en la base de datos de tareas de mantenimiento. Es necesario establecer un código para cada tipo de tarea como se muestra en la **Tabla 17-3**.

Tabla 16-3. Tipos de tareas de mantenimiento.

Tipos de tareas	
A	Lubricación /Filtros
B	Inspecciones preventivas
C	Inspecciones predictivas
D	Trabajos preventivos
E	Reemplazos
F	Reparaciones

Fuente: sismac.net

El listado de tareas con su respectiva descripción, frecuencia, código y ruta, es decir, el plan de mantenimiento planteado se encuentra en el **Anexo I**. Tomando como caso de estudio la Bomba centrífuga del cuarto de máquinas 1 del edificio de aulas M09 y el activo civil del área de Laboratorio de Computación como se representa en la **Tabla 18-3** y **Tabla 19-3** respectivamente.

Tabla 17-3. Ruta de servicio Sistema de Bombeo Edificio M09-010

RUTA DE SERVICIO SISTEMA DE BOMBEO EDIFICIO M09-010																									
Cod. Equip	#R	Ruta	Lista de tareas	Frec. (s)	Fecha ultima ejecución	2018		2019																	
						Z	O	M	A	O	S	E	P	T											
						9	10	10	11	8	9														
M-09	10	2	Inspección de 26 semanas de bombas y equipo hidroneumático	Comprobar estado de carcasa motor y sistema de ventilación	26	11/05/2018	X		X		X														
				Inspección del estado del motor																					
				Inspección del estado de carcasa																					
				Ajuste de pernos de anclaje																					
				Inspección de correcto funcionamiento de la bomba																					
				Inspección de existencia de fugas																					
			Inspección del estado de tuberías y accesorios	26	12/05/2018		X		X		X		X												
														Inspección del estado de paredes, piso y tapa de la cisterna											
														Limpieza general y apriete de accesorios y tuberías											
														Inspección visual del tanque											
														Inspección del estado de la pintura del tanque											
														ELABORADO POR:			REVISADO POR:			APROBADO POR:					
														CARGO			CARGO			CARGO					
														FIRMA			FIRMA			FIRMA					
FECHA			FECHA			FECHA																			

Fuente: Fernández Jandry; Philco David.

Tabla 18-3. Plan de mantenimiento civil Laboratorio de computación Edificio M09-008

SUB-RUTA DEL LABORATORIO DE COMPUTACION M09-008									
Cod.Equi		#R	Lista de tareas	Frec.(s)	Fecha próxima ejecución	2018		2019	
						NOV	MAY	NOV	
						9	10	8	
M-18	8	SUB RUTA 9_M09_M18	Inspección del estado de paredes, puertas, ventanas, piso y cielo raso	26	11/05/2018	X	X	X	
			Inspección del estado de las lámparas						
			Inspección del correcto funcionamiento del interruptor						
			Verificación del correcto funcionamiento del tomacorriente						
			Verificación del funcionamiento de la cámara de vigilancia						
			Inspección del estado de la carga del extintor						
			Cambio de carga del extinguidor y mantenimiento general	52			X		
ELABORADO POR:			REVISADO POR:		APROBADO POR:				
CARGO			CARGO		CARGO				
FIRMA			FIRMA		FIRMA				
FECHA			FECHA		FECHA				

Fuente: Fernández Jandry; Philco David.

3.3 Capacitación

3.3.1 Metodología de la capacitación

3.3.1.1 *Métodos audiovisuales y pedagógicos.* El uso de materiales audiovisuales que reflejen la realidad de las personas a las cuales está destinado, facilita el aprendizaje de nuevas técnicas e ideas y potencian los programas de capacitación y de desarrollo de los recursos humanos. Los medios audiovisuales presentan muchas otras ventajas para los usuarios.

Las personas que recibieron capacitación, pueden ver y debatir técnicas y procedimientos muy complejos antes de ponerlos en práctica. Mediante exposiciones por parte de los instructores y la participación de los capacitados.

La capacitación con métodos audiovisuales mejora la capacidad de retención mental de los conocimientos: cuatro o cinco veces más que cuando se escucha una conferencia y nueve veces más que cuando se lee una información. (Los medios audiovisuales y su influencia en la educación desde alternativas de análisis, 2015)

El objetivo principal es de establecer los fundamentos en el manejo del sistema de mantenimiento asistido por ordenador. El cronograma y temas planteados se lo muestran en el cuadro a continuación de la **Tabla 18-3**, el personal capacitado en la **Tabla 19-3**, las evidencias se encuentran en el **Anexo J**.

Tabla 19-3. Cronograma de capacitación.

FECHA	TEMAS
2018-09-26	<ul style="list-style-type: none"> • Introducción al software SisMAC. • Instauración y visualización de activos en la base de datos del software.
2018-09-27	<ul style="list-style-type: none"> • Recepción de solicitudes de trabajo. • Generación de órdenes de trabajo preventivas.
2018-09-28	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de órdenes de trabajo correctivas. • Generación de órdenes de trabajo externas.

Fuente: Grupo de investigación “Gestión del Mantenimiento”.

Tabla 20-3. Personal capacitado de la Carrera Ingeniería Automotriz.

ING. PEREZ JOSÉ	DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
ING. PANCHA JHONNY	ENCARGADO DEL LABORATORIO DE SISTEMAS ELÉCTRICOS
ING. MACHADO EDGAR	ENCARGADO DEL LABORATORIO DE FÍSICA
ING. GUAICAL BOLIVAR	ENCARGADO DEL LABORATORIO DE AERODINÁMICA, AIRE ACONDICIONADO Y REFRIGERACIÓN.
ING. QUEVEDO ÁNGEL	ENCARGADO DEL TALLER DE AUTOTRÓNICA
ING. CASTILLO MARCELO	ENCARGADO DEL TALLER DE MAQUINARIA AGRÍCOLA
ING. GUAPULEMA CRISTIAN	ENCARGADO DEL TALLER DE SOLDADURA
ING. MONTUFAR PAUL	ENCARGADO DEL LABORATORIO DE MOTORES DE COMBUSTION INTERNA

Fuente: Fernández Jandry; Philco David.

CAPÍTULO IV

4. IMPLEMENTACIÓN DE GMAO

4.1 Generalidades.

Dentro de la implementación de GMAO, mediante una formación previa para el manejo y aprendizaje del software SisMAC se realizaron varias capacitaciones con el proveedor donde se pudo interpretar y manejar de manera apropiada el software y sus diferentes módulos.

4.2 Iniciación del software.

4.2.1 *Ingreso al software*

Para la iniciación a la versión del software SisMAC, se la puede realizar desde cualquier computador o dispositivo móvil con acceso a una conexión a internet, seguido en la barra de dirección URL se introduce <http://cloud.sismac.net/> donde se tendrá que ingresar el usuario y contraseña para el cliente.

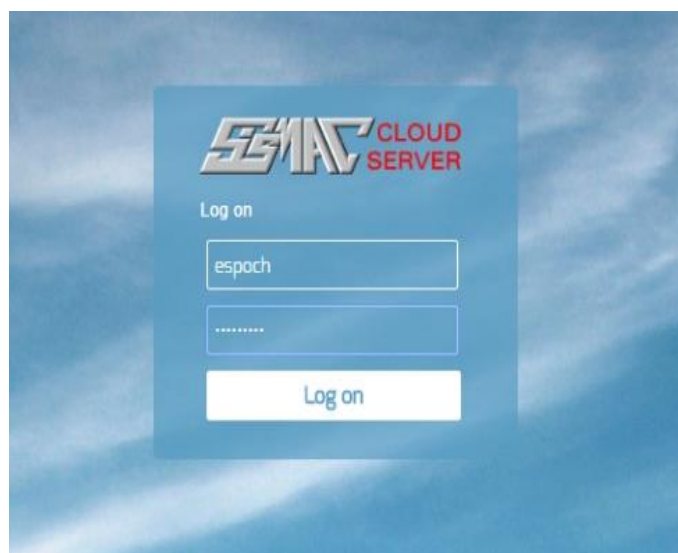


Figura 1-4. Inicio y acceso al software SisMac cliente

Fuente: sismac.net

Para la programación se debe ingresar a una nueva página de usuario y contraseña respectivamente, se caracteriza por el logotipo de SisMac y la siguiente figura:



Figura 2-4. Ingreso al usuario personal

Fuente: sismac.net

4.2.2 *Menú principal*

Encontramos la ventana principal o vista global que muestra el software en donde se presentan los diferentes módulos y menús, desde el lado izquierdo se observa los siguientes módulos:

- Infraestructura
- Fichas técnicas
- Lista básica de repuestos
- Mantenimiento
- Inventarios
- Compras
- Activos
- Personal
- Multimedia
- Biblioteca
- Informes



Figura 3-4. Módulos principales SisMAC

Fuente: sismac.net

Seguido se observa al lado derecho el logotipo de la ESPOCH, predeterminado por el proveedor, como cliente la Facultad de Mecánica y adjunto los nombres de las diferentes escuelas de la Facultad de Mecánica

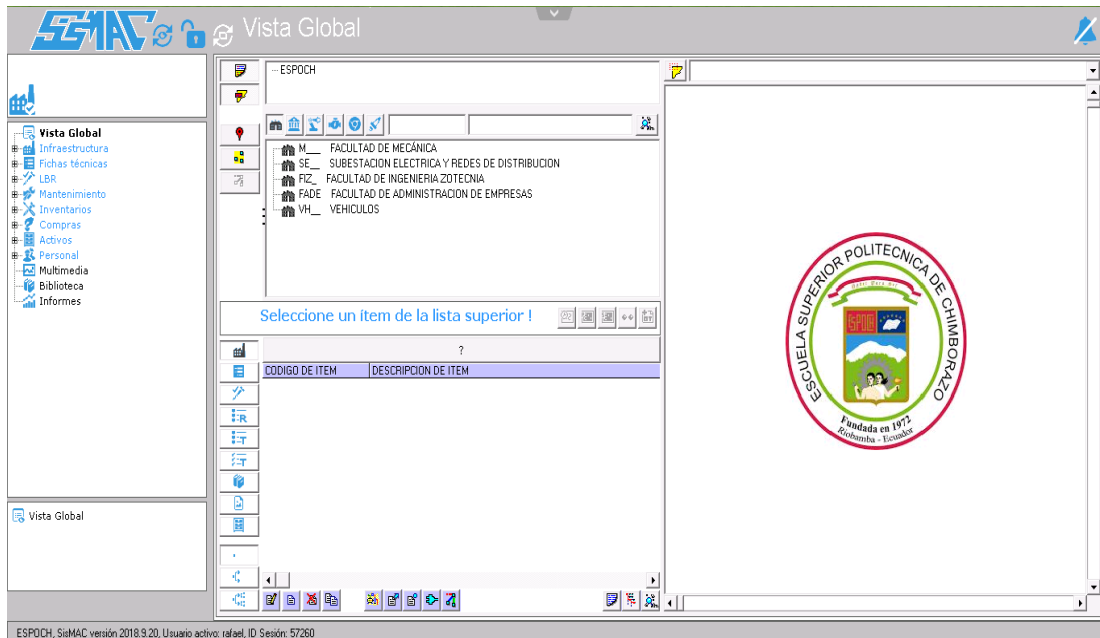


Figura 4-4. Vista global SisMAC

Fuente: sismac.net

4.3 Funciones y Módulos SisMAC

El software en su lado inferior nos ofrece funciones e íconos los cuales ayudan a la programación de éste, entre los más utilizados se encontraron:

- Inventario técnico
- Fichas técnicas
- Lista base de recambios
- Rutinas de mantenimiento asignadas
- Tareas de mantenimiento asignadas
- Tareas de mantenimiento ejecutadas
- Documentación técnica
- Editar
- Nuevo
- Eliminar
- Copiar
- Referencias gráficas, etc.

4.3.1 Ingreso de información e inventario técnico.

Como se ha mencionado en los capítulos anteriores el primer paso es el de inventariar y codificar los bienes físicos y civiles de la Carrera de Ingeniería Automotriz.

Tabla 1-4. Niveles jerárquicos SisMAC

NIVEL	NOMBRE PREDEFINIDO	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
1	LOCALIZACIÓN	CÓD. ALF.	M= FACULTAD MECÁNICA
2	EDIFICIO	CÓD. ALF-NUM.	49= EDIFICIO
3	SISTEMA	CÓD. ALF-SIST	016= ÁREA
4	EQUIPO	TIP. EQU.	C= CIVIL
5	COMPONENTE	TIP. EQU	COMPONENTE

Fuente: sismac.net

Para la codificación de los sistemas se debe establecer una estructura, la cual va a ayudar a diferenciar y a organizar de mejor manera a los activos. Se establece una jerarquización y detallar cada una de éstas.






NIVEL	SIMBOLOGÍA	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Primer nivel		Localización	FACULTAD MECÁNICA
Segundo nivel		Áreas	EDIFICIOS
Tercer nivel		Maquina / sistema	AREAS DE LOS EDIFICIOS
Cuarto nivel		Equipos	EQUIPOS EN LAS AREAS
Quinto nivel		Componentes	COMPONENTES DE LOS EQUIPOS

Figura 5-4. Estructura de codificación

Fuente: Fernández Jandry; Philco David.

4.3.2 Nivel Localización

Se ingresa el nivel más grande hace referencia a las instalaciones en general de la ESPOCH específicamente de la Facultad de Mecánica.

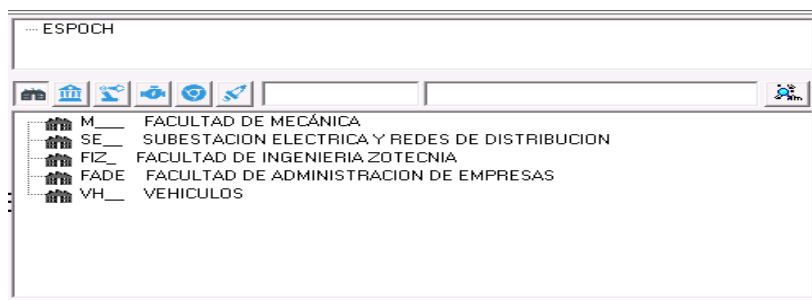


Figura 6-4. Nivel Localización.

Fuente: sismac.net

4.3.3 Nivel Área

Se consigue añadir los diferentes edificios pertenecientes a la carrera de Ingeniería Automotriz, con la codificación establecida en capítulos anteriores

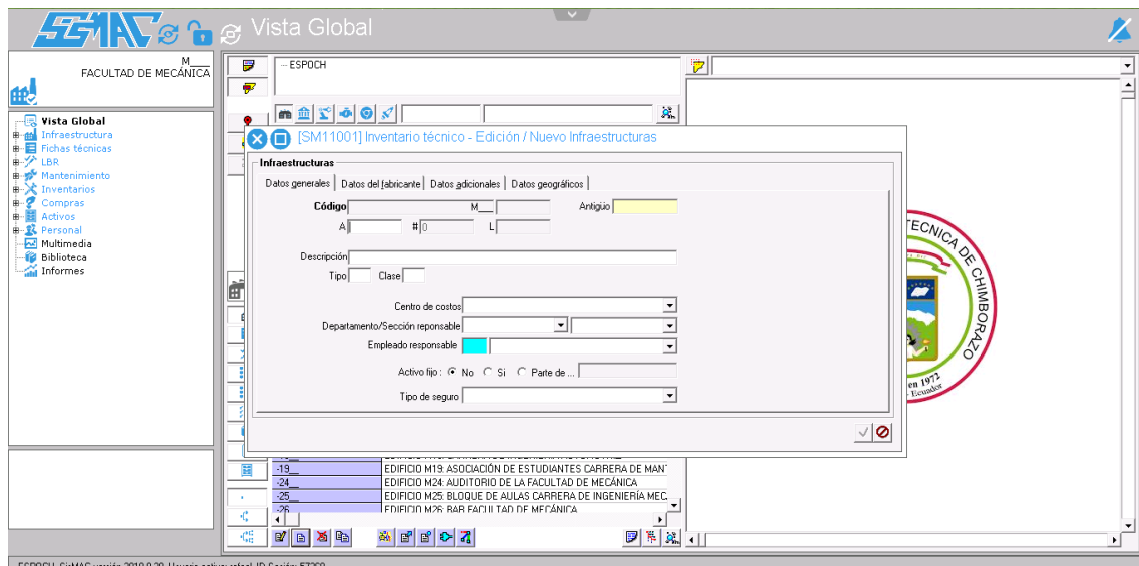


Figura 7-4. Ingreso de Edificios

Fuente: sismac.net

Se encontró los diferentes edificios con su respectiva codificación como se muestra a continuación:

Tabla 2-4. Edificios Carrera Ingeniería Automotriz con respectivo código.

CÓDIGO CATASTRAL			CODIFICACIÓN PROPUESTA		DESCRIPCIÓN
UA3N03	130	18	M	18	EDIFICIO M18: CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Fuente: Fernández Jandry; Philco David.

Tabla 3-4. Continuación **Tabla 2-4.**

UA3N03	70	9	M	9	EDIFICIO M09: BLOQUE DE AULAS CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
UA3N03	70	1	M	1	EDIFICIO M01: TALLERES CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
UA3N03	80	31	M	31	EDIFICIO M31: TALLER BÁSICO DE SOLDADURA
UA3N03	80	16	M	16	EDIFICIO DE OFICINAS DE DOCENTES DE LA FACULTAD DE MECÁNICA
UA3N03	80	30	M	30	BODEGA DE MATERIALES TALLER DE SOLDADURA

Fuente: Fernández Jandry; Philco David.

4.3.4 Nivel Máquina/Sistemas

En este nivel se describe las áreas y los sistemas correspondientes de cada edificio, es decir todas las áreas como aulas, laboratorios, bodegas, baños, oficinas, etc, que conforman cada edificio.

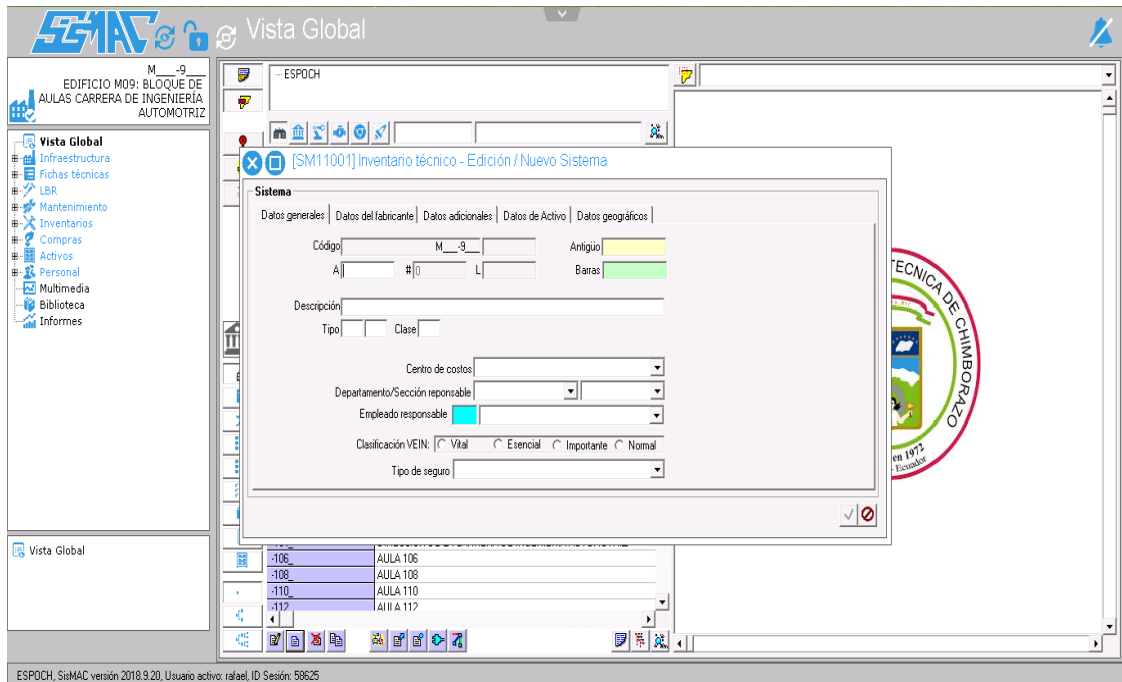


Figura 8-4. Ingreso de módulos (sistemas)

Fuente: sismac.net

4.3.5 Nivel Equipos

Se procede a ingresar los equipos, el software de acuerdo a la familia a la que pertenece el equipo lo clasificará automáticamente, por ello se debe conocer y diferenciar con exactitud la familia perteneciente de los equipos:

- C Civil
- D Informática
- E Eléctrica
- I Instrumentación
- M Mecánica
- P Procesos
- S Seguridad Industrial

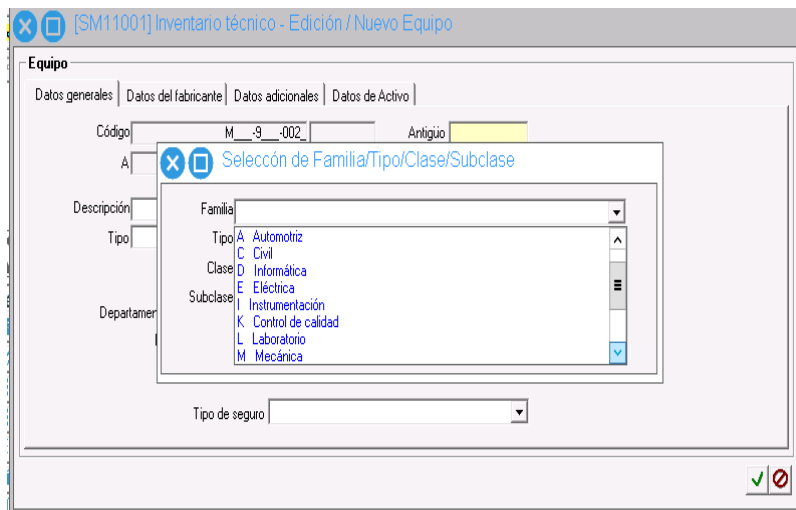


Figura 9-4. Familia de los Equipos.

Fuente: sismac.net

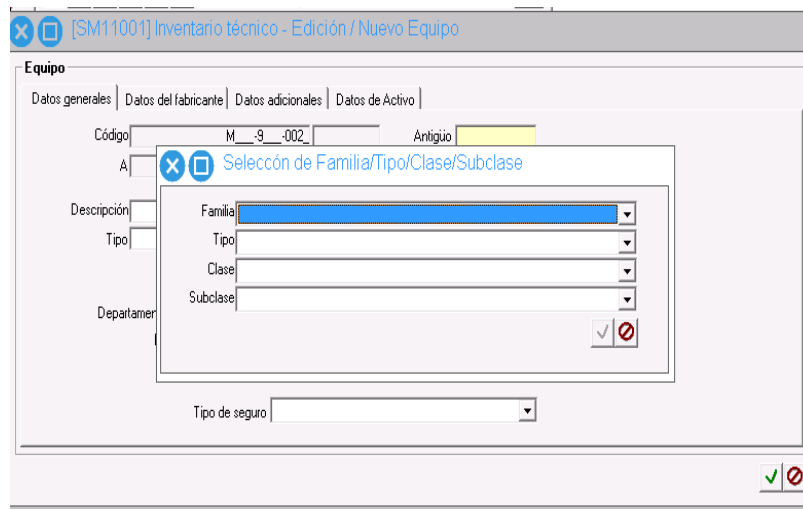


Figura 10-4. Ingreso de equipos.

Fuente: sismac.net

En este nivel jerárquico y los antepuestos es obligatorio inventariar, es decir hasta equipos, los restantes dos niveles como son elementos y componentes queda a disposición de cada usuario, en el desarrollo de éste trabajo se llegó hasta componentes.

4.3.6 Nivel Componentes

Se detalla los componentes existentes de cada equipo, por ejemplo, se encontraron áreas (cuarto nivel) en donde dentro de estas existía más áreas como son las oficinas, en algunos casos se halló oficinas dentro de éstas, por mencionar uno de los muchos casos. A demás de equipos con mayor complejidad y más completos, son totalmente necesarios descomponerlos para la aplicación de la metodología RCM Abreviado.

4.3.7 Fichas técnicas.

En el módulo de fichas técnicas se puede ingresar todo lo referente a datos y especificaciones técnicas de los equipos, componentes y elementos. Además que el software tiene la facilidad de subir este tipo de datos mediante una plantilla y se exporta esta información. Al tener esta información ingresada al sistema informático se obtiene los siguientes beneficios:

- Se puede acceder desde cualquier lugar del mundo siempre y cuando haya acceso a internet.
- No existe deterioro físico ni cambios en el software, a menos que alguien lo realice.
- Toma muy poco tiempo encontrar las características técnicas
- No existe riesgo que se pierda la información
- Se puede ver las especificaciones en varias unidades de medida de acuerdo a la necesidad de cada usuario
- Se puede ingresar fichas técnicas digitalizadas

Cuando se ingresa al módulo de fichas técnicas hay que seleccionar a que familia pertenece el equipo.

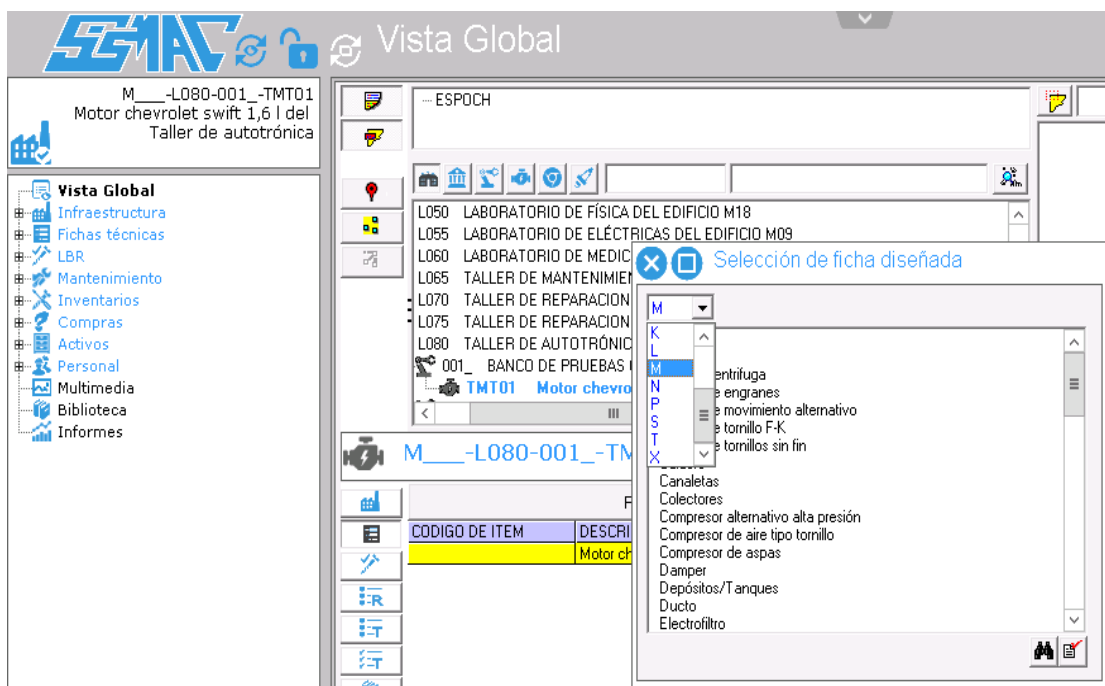


Figura 11-4. Módulo fichas técnicas

Fuente: sismac.net

Seleccionada ya la familia a la cual pertenece el equipo, se selecciona el tipo de equipo para que salga el formato respectivo de ficha técnica para llenarlo.

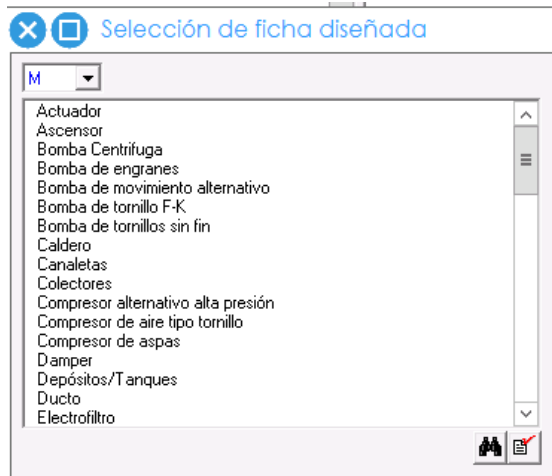


Figura 12-4. Selección de formato de ficha técnica

Fuente: sismac.net

Ya en el formato correcto de fichas técnicas seleccionado, se pueden ingresar varia información como datos generales, datos específicos y datos de operación.

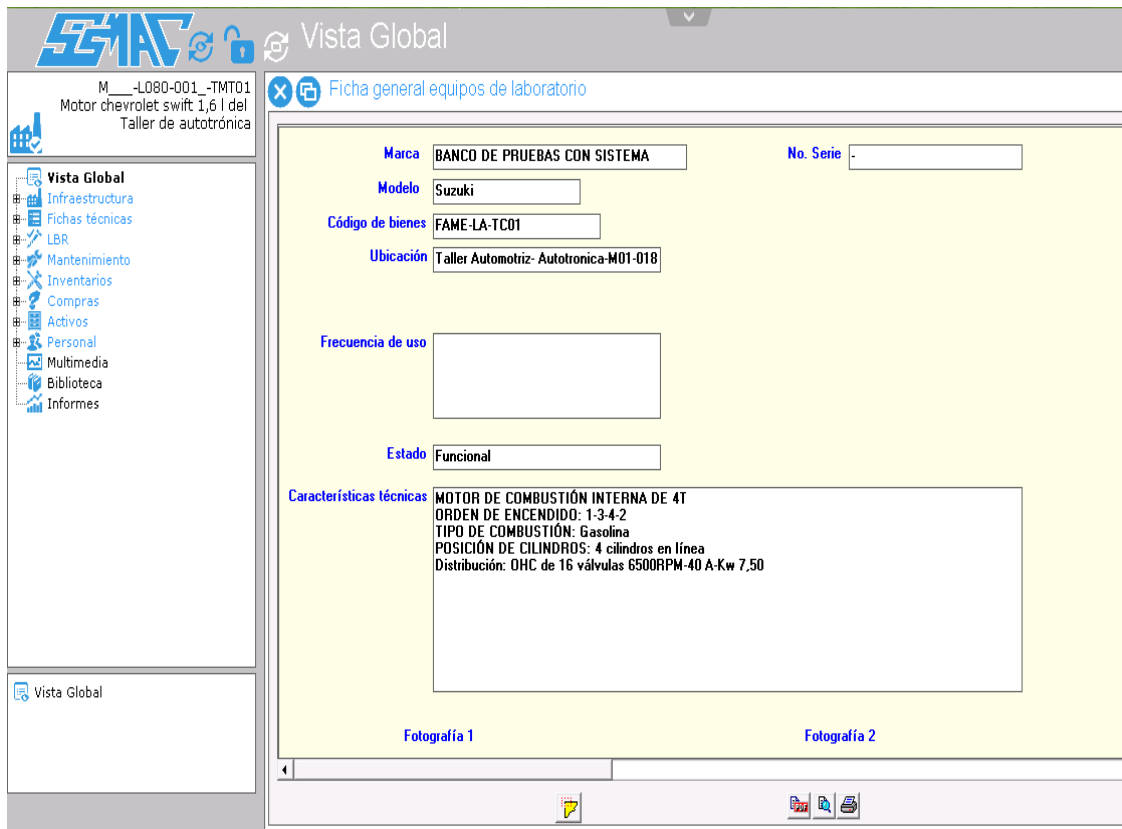


Figura 13-4. Ingreso de fichas técnicas de datos generales equipo

Fuente: sismac.net

Cabe recalcar que esto se lo puede realizar de forma manual o exportando información mediante plantillas para fichas técnicas, en éste caso las hay de dos tipos para los equipos de laboratorio o taller y los activos civiles de la carrera.

4.3.8 Tareas de mantenimiento asignadas

Ya una vez inventariado y codificados los sistemas y equipos, en este módulo se procede a ingresar las tareas asignadas de mantenimiento por equipo y seleccionar la familia de tarea a realizar. Las familias de tareas de mantenimiento asignadas son las siguientes:

- A: Lubricación
- B: Inspección preventiva
- C: Inspección predictiva
- D: Trabajos preventivos
- E: Reemplazos
- F: Reparaciones
- G: Mantenimiento
- H: obras Civiles

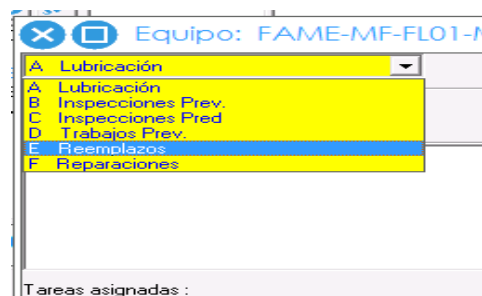


Figura 14-4. Familias de tareas de mantenimiento

Fuente: sismac.net

Si la tarea requerida no existe se la puede agregar mediante un comando “Fn-F2” o se la puede editar, se lo indica en la siguiente figura:

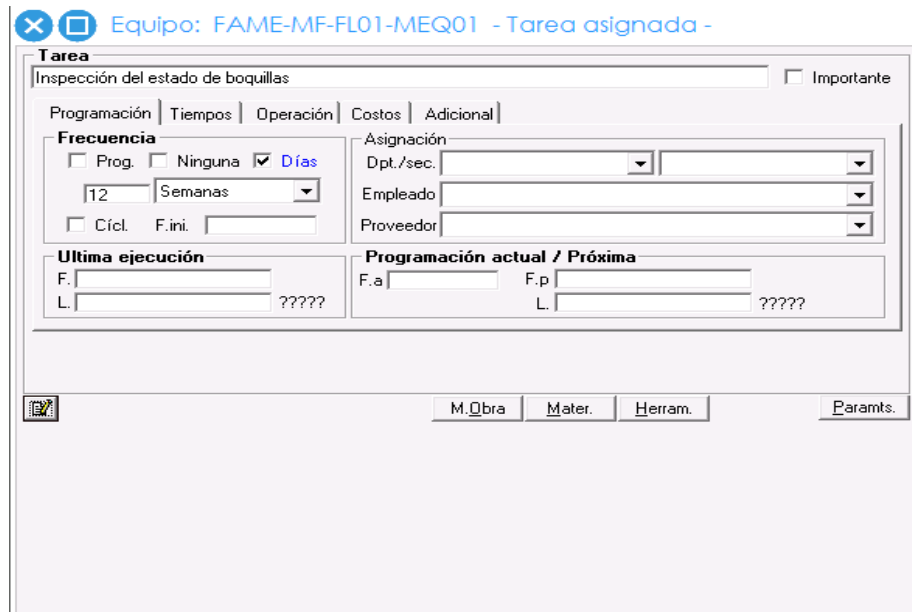


Figura 15-4. Edición tareas de mantenimiento

Fuente: sismac.net

4.3.9 Frecuencias

En el ícono editar se procede a llenar los intervalos de frecuencia, estos pueden ser en días o semanas (predeterminado en software), o se podría editar de acuerdo a las necesidades del usuario como pueden ser horas, kilometros, toneladas, etc.

En este ícono tambien se ubica la ultima fecha que recibió mantenimiento el equipo y el softwarer inmediatamente lanza una fecha próxima a ejecutarse el mantenimiento.

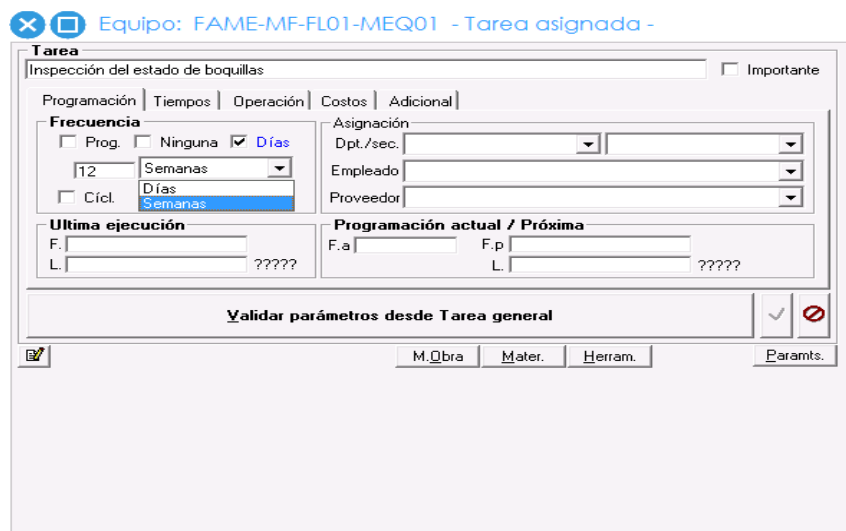


Figura 16-4. Frecuencia tareas de mantenimiento

Fuente: sismac.net

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- De ocho laboratorios y talleres evaluados, el que alcanzó mayor desempeño fue el laboratorio de Física con un valor de 7 %, que corresponde a un nivel poco satisfactorio, el resto de laboratorios incurren en un nivel poco satisfactorio, con un desempeño promedio del 5%, lo que indica que hay probabilidades de mejorar.
- Los sistemas más críticos encontrados en el análisis de criticidad son la bomba de agua centrífuga del edificio de bloque de aulas de Ingeniería Automotriz (Edificio M09), cuya falla representa un riesgo en las funciones requeridas para la edificación, y el elevador hidráulico uno y dos del Taller de mantenimiento de mecánica de patio, que también recaen como críticos. La aplicación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, se realizó a 675 equipos civiles y a 151 equipos de laboratorio y talleres, los cuales el 68 % de los equipos civiles representan criticidad prescindible, el 32 % son importantes y recaen en un modelo de mantenimiento básico. El 91% de los equipos de laboratorio y talleres tienen como criticidad prescindible e importante y reinciden en un modelo de mantenimiento básico y el 9% restante son críticos y requieren de un modelo de mantenimiento condicional.
- Cada encargado de los talleres y laboratorios incluido el responsable del mantenimiento civil de la ESPOCH, fue capacitado en el uso del GMAO. Y al momento disponen su propio usuario y contraseña previamente configurado en el software SisMac para el acceso exclusivo de sus actividades.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda el seguimiento del uso del software y las actividades propuestas en el mismo, para mejorar los procedimientos relacionados con el sistema de gestión académica de la carrera y mejorar el desempeño en los procesos de evaluación.
- Se recomienda identificar a proveedores calificados para el mantenimiento de los equipos de los laboratorios
- Se recomienda tener una sola señalética en las áreas arquitectónicas, ya que se encuentran diferentes codificaciones y genera confusión.
- Debido a la movilidad del personal encargado de los talleres y laboratorios, se recomienda capacitar al nuevo personal que ingresa en el uso del software.
- Por la gran cantidad de edificios dentro de la ESPOCH, se recomienda colocar la físicamente la codificación propuesta, para el fácil reconocimiento de éstos.

BIBLIOGRAFÍA

13306, EN.. *Maintenance - Maintenance terminology*. Suiza : European Committee for Standardization, 2010.

AZNAR, Bellver Jerónimo y Guijarro, Martinez Francisco. *Nuevos Métodos de Valoración. Modelos multicriterios. 2da edición*. Valencia : Universitat Politècnica de València, 2012. 978-84-8363-982-5.

BATISTA, Carlos. *Diagnóstico Técnico de Maquinas Rotativas*. Cuba : Holguín, 2005.

BERNAL, Laura. Análisis de modo y efecto de falla potencial. *slideshare.net*. [En línea] 18 de 07 de 2013. [Citado el: 02 de 04 de 2016.] <http://es.slideshare.net/lmarcela74/capacitacion-amef>.

CASTILLO, Andrés. Monografías.com. *Programa de mantenimiento industrial*. [En línea] 2014. [Citado el: 24 de Julio de 2017.] <http://www.monografias.com/trabajos101/programa-mantenimiento-industrial/programa-mantenimiento-industrial.shtml>.

Castro Solís, Michael. SERQUIMSA. *Sistema de aireación en tratamiento de agua industrial*. [En línea] 12 de Junio de 2012. [Citado el: 06 de Marzo de 2017.] <http://www.serquimsa.com/sistemas-de-aireacion-en-tratamiento-de-agua-residual-industrial/>.

CEAACES.. *Informe de Autoevaluación CEAACES 2017*. 2017.

Cervantes, Francisco. Tratamiento anaeróbico de las aguas residuales en Mexico. [En línea] 2010.

Constitución, CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR 2008. <http://www.oas.org>. [En línea] 04 de 06 de 2008. [Citado el: 16 de 01 de 2018.] http://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.PDF.

CUARTAS PÉREZ, Luis.. MANTENIMIENTO_MECANICO. *QUE ES EL MANTENIMIENTO MECÁNICO*. [En línea] 2008. [Citado el: 30 de enero de 2017.] http://www.unalmed.edu.co/tmp/curso_concurso/area3/QUE_ES_EL_MANTENIMIENTO_MECANICO.pdf.

ESCRIVÁ, Juan Laura. RiuNet. Repositorio Institucional UPV. *Aplicación del Proceso Analítico Jerárquico (AHP) en el dimensionamiento de sistemas renovables*. [En línea] 03 de Noviembre de 2016. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/73178/21004036_TFG_14683619461433974905392726327662.pdf?sequence=3.

EVOLUTION. *EVOLUTION . NEGOCIO Y TECNOLOGÍA DE SKF.* [En línea] 29 de Febrero de 2008. [Citado el: 31 de Enero de 2018.] <http://evolution.skf.com/es/el-mantenimiento-basado-en-la-condicion-llega-al-transporte-maritimo/>.

García Garrido, Santiago. Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial. Barcelona : s.n., 2012, págs. 73-159.

GARCIA GARRIDO, Santiago. *Organizacion y Gestion Integral de Mantenimiento.* Madrid : Ediciones Dias de Santos S.A, 2003.

GARCÍA, Garrido Santiago. *Organizacion y Gestion Integral de Mantenimiento.* Madrid : Ediciones Dias de Santos S.A, 2003. ISBN: 84-7978-548-9.

GARCÍA, Santiago. *Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial.* Madrid : Renovetec, 2013.

GONZÁLEZ, Gadalupe. Mantenimiento planificado. *Mantenimiento preventivo.* [En línea] 2008. [Citado el: 08 de 02 de 2017.] <http://www.mantenimientoplanificado.com/j%20gadalupe%20articulos/MANTENIMIENTO%20PREVENTIVO%20parte%201.pdf>.

Guerrero, Luz. About en español. *Qué es un biodigestor.* [En línea] 26 de Febrero de 2016. [Citado el: 02 de 03 de 2017.] <http://vidaverde.about.com/od/Energias-renovables/a/Que-Es-Un-Biodigestor.htm>.

Guía de termografía para mantenimiento predictivo. 2016.

Hernandez, Eduardo Segundo. *Gestión de Mantenimiento.* Riobamba : s.n., 2011.

HERNÁNDEZ, Juan Luis. *tuveras.com. Mantenimiento industrial.* [En línea] 01 de Julio de 2016. [Citado el: 01 de 02 de 2017.] http://www.tuveras.com/mantenimiento/mantenimiento_definicion.htm#pilares.

Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad-MCC II. Hernández, Eduardo. Riobamba : s.n.

ISO14224. *Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment”. Second Edition Año 2006.* 2006.

Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos. 1999.

ISO18434-1. [En línea] [Citado el: 21 de 08 de 2017.] http://www.irantpm.ir/wp-content/uploads/2015/09/ISO_18434-1.pdf.

ISO9001. *Sistemas de gestión de la calidad.* Madrid : AENOR, 2015. págs. 9-15. M30790:2015.

JUAREZ, Henry. *Análisis de criticidad.* México D.F. : Limusa, 2007.

LLANES, Aramis. Mantenimiento planificado. *mantenimientoplanificado.com*. [En línea] 22 de 07 de 2010. [Citado el: 17 de 07 de 2016.] (http://www.mantenimientoplanificado.com/art%C3%ADculos_rcm_archivos/ariel%20ZYLBERBERG/RCM_Scorecard_overview.pdf)...

Los medios audiovisuales y su influencia en la educación desde alternativas de análisis. **MSc. Barros Bastida, MSc. Barros Morales, Carlos, Rusvel.** 2015. Guayaquil : "Universo Sur", 2015.

Ltda, C&V Ingeniería Cia. www.sismac.net. *www.sismac.net*. [En línea] 2016. [Citado el: 05 de 05 de 2016.]

Melo, Juan. Monografías. *Manual de funcionamiento del departamento de mantenimiento.* [En línea] Agosto de 2009. [Citado el: 30 de Enero de 2017.] <http://www.monografias.com/trabajos96/manual-funcionamiento-del-departamento-mantenimiento/manual-funcionamiento-del-departamento-mantenimiento.shtml>.

Mogollón, Natalia. El blog de Natalia Mogollón. *Lagunas de oxidación.* [En línea] 16 de Noviembre de 2009. [Citado el: 06 de Marzo de 2017.] <http://nata.mogollon.over-blog.com/article-lagunas-de-oxidacion-39511344.html>.

MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. *MANTENIMIENTO. Planeación, ejecución y control.* Mexico D.F. : Alfaomega grupo editor S.A., 2009. 978-958-682-769-0.

MOUBRAY, John *Reliability centered Maintenance.* New York : Industria press, 1996.

OSORIO, Juan y Orejuela, Juan. Sistema de Información Científica. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. [En línea] Septiembre de 2008. <http://www.redalyc.org/html/849/84920503044/>. 0122-1701.

PALENCIA, Oliverio García. *Gestión moderna del mantenimiento industrial.* Bogotá : Ediciones de la U, 2012.

Priorización de criterios para la evaluación de la gestión del mantenimiento en edificios multifamiliares.
VIZCAÍNO, Mayra, Quesada, Juan y Villacrés, Sergio. 2017. 3, Cuenca : Arquitectura y Urbanismo, 2017, Vol. XXXVIII. 1815-5898.

QUESADA, F. *Desarrollo de un método de evaluación de la calidad del ambiente interior para el diseño de viviendas sustentables.* Biobío : s.n., 2015.

Rincón, Lenys. Monografías.com. *Investigación sobre bonos verdes.* [En línea] 20 de Octubre de 2015. [Citado el: 03 de Marzo de 2017.] <http://www.monografias.com/trabajos106/investigacion-bonos-verdes/investigacion-bonos-verdes.shtml>.

SAATY, Thomas L. *The Analytic Hierarchy Process.* New York : McGraw-Hill, 1980. 13:9780070543713.

Santiago, García Garrido. *Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial.* Barcelona : s.n., 2012, págs. 90-99.

UNE-EN13306. *Mantenimiento. Terminología del mantenimiento.* Madrid : AENOR, 2011. M 11283:2011.

2015. wikipedia. [En línea] 11 de Noviembre de 2015. [Citado el: 24 de Enero de 2017.] https://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento_preventivo.

ZAHEDI, Fatemeh. *“The Analytic Hierarchy Process. A survey of the method and its applications“.* Bloomington : Interfaces, Vol16, 1986.